Grundzüge
der
mechanischen Abwässerklärung

von

Dr.-Ing. **Rudolf Schmeitzner,**
Chemnitz

Mit 37 Figuren im Text und 2 Tafeln

Leipzig
Verlag von Wilhelm Engelmann
1908

Vorwort.

Die vorliegende Arbeit ist das Ergebnis teils von Studienreisen, wo die Kläranlagen von Charlottenburg, Chemnitz, Dresden, Frankfurt a. M., Spandau, Hamburg, Graudenz, Bromberg, Nakel, Weißensee, Göttingen, Kassel, Düsseldorf, Köln und Mannheim besichtigt wurden, teils von schriftlichen Anfragen an eine Reihe von Gemeinden, die dem Unterzeichneten in dankenswerter, zum Teil sehr ausführlicher Weise beantwortet wurden, teils des Studiums der einschlägigen Literatur der letzten Jahre. Ein Literaturnachweis über ausgeführte Anlagen findet sich am Ende des Buches.

Die Arbeit behandelt die städtischen Kläranlagen, soweit deren Entwurf und Betrieb Sache des Bautechnikers ist. Chemische und biologische Verfahren sind daher nur kurz berührt. Sie dürfte insbesondere Gemeindebeamten willkommen sein, die sich heute mehr und mehr mit dieser Frage zu beschäftigen haben, zumal da eine ähnliche Arbeit darüber bis jetzt noch nicht existierte.

Bezüglich der weiteren Behandlung des geklärten Wassers, die häufig erforderlich ist, verweise ich auf die Arbeiten von Dr.-Ing. Imhoff in Heft 7 der Mitteilungen der Königlichen Versuchsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserreinigung, sowie auf das soeben erschienene Buch von Dr. Dunbar: »Leitfaden für die Abwasserreinigungsfrage«, München 1907.

Chemnitz, im Oktober 1907.

Rudolf Schmeitzner.

Inhalts-Verzeichnis.

Einleitung.

Durch das Wachstum der Bevölkerung, durch die Entwicklung der Industrie, durch das mit der Kultur wachsende Reinlichkeitsbedürfnis des Einzelnen, durch die im Interesse des Gemeinwohls nötig gewordene, stärkere Betonung der Hygiene in allen Zweigen des wirtschaftlichen Lebens erreicht die tägliche Brauch- und Abwassermenge in den größeren städtischen Gemeinden im Verhältnis zur Wasserführung des Vorfluters eine Höhe, die zu großen Nachteilen hygienischer, wirtschaftlicher und ästhetischer Art führen kann.

Das Flußwasser wird durch die Aufnahme fäulnisfähiger Stoffe verdorben und zur Wasserversorgung ungeeignet, das Fischwachstum wird geschädigt, es entstehen häßliche Schlammablagerungen und üble Gerüche.

Die Aufsichtsbehörden machen deshalb den Gemeinden eine mehr oder weniger intensive Behandlung der Abwässer je nach der Beschaffenheit des Vorfluters zur Pflicht.

Die Zulässigkeit der Zuführung von städtischen Abwässern in die natürlichen Wasserläufe ist z. B. nach den Grundsätzen, die der Preußischen allgemeinen Ministerialverfügung vom 20. Februar 1901 betreffs Fürsorge für die Reinhaltung der Gewässer beigegeben sind, zu beurteilen nach der Menge und der Beschaffenheit der Abwässer und der Wasserführung und Beschaffenheit des Vorfluters.

Günstige Verhältnisse des Vorfluters sind im allgemeinen nach diesen Grundsätzen eine große Wassermenge, hohe Stromgeschwindigkeit, ein kiesiges Bett, sowie feste Ufer und die Zuführung von Grundwasser, ungünstig sind tote Arme, häufige Überschwemmungen.

Bei ungünstigen Verhältnissen pflegt die Aufsichtsbehörde die Art der Behandlung der Abwässer vorzuschreiben unter Zugrundelegung eines bestimmten, zu erzielenden Reinigungseffektes. Es bleibt hierbei selbstverständlich der Gemeinde unbenommen, wenn ihr diese Anordnungen zu rigoros und weitgehend erscheinen, an der Hand der Ergebnisse einer Versuchsanlage Gegenvorschläge zu machen.

Bei günstigen Verhältnissen wird seit einiger Zeit vom Reichsgesundheitsrat nur verlangt, daß alle suspendierten Stoffe über eine bestimmte Korngröße hinaus zurückgehalten werden.

Ob man freilich in Zukunft dabei bleiben wird, ist fraglich. Denn um dieser Bestimmung nachzukommen, würde es genügen, größere Körper auf das verlangte Maß zu zerkleinern und nur das auszuscheiden, was sich nicht zerkleinern läßt.

Das ist z. B. der — wenn auch unbeabsichtigte — Effekt mancher Siebanlagen.

So gelangen gerade die schlammbildenden, fäulnisfähigen Stoffe dennoch in den Vorfluter, und es ist außerdem bei langsamer Strömung nicht ausgeschlossen, daß sie sich nach dem Passieren der Siebe infolge ihrer Klebrigkeit wieder flockenartig zu größeren Körpern vereinigen.

Nur Küstenstädte sind oft in der glücklichen Lage, ihre Abwässer ungereinigt dem Meere zu übergeben. Doch können hierbei die Strömungsverhältnisse größere Umleitungen erforderlich machen (Marseille, Neapel, Boston).

Namentlich in Badeorten, wo Verunreinigungen des Strandes um jeden Preis vermieden werden müssen, ist die Einleitung der Schmutzwässer bedenklich und beim Fehlen einer Küstenströmung ausgeschlossen.

Die Behandlung des Abwassers zerfällt in zwei Teile: Klärung und Reinigung.

Diese beiden Begriffe sind in einer großen Zahl von Veröffentlichungen nicht scharf geschieden.

Im folgenden soll unter Klärung die Ausscheidung der im Abwasser enthaltenen, ungelösten Stoffe verstanden werden, ausschließlich der Bakterien, unter Reinigung die Behandlung der gelösten, organischen Stoffe und der Bakterien. Die Klärung ist fast stets nötig, die Reinigung kann mitunter entbehrt werden.

Der Verfasser ist sich wohl bewußt, daß der Ausdruck »Reinigung« im Gegensatz zur »Klärung« nicht glücklich gewählt ist und nicht mehr beizubehalten ist, falls ein besserer gefunden wird.

Jedenfalls sind die beiden Verfahren vollständig verschieden, die entsprechenden Anlagen sind oft räumlich getrennt, ihre Überwachung fällt verschieden ausgebildeten Kräften zu, so daß eine scharfe Scheidung der Begriffe erwünscht ist. Vielleicht könnte man auch sagen: »Vorreinigung« und »Endreinigung« oder »Klärung« und »Entfaulung«.

Eine Reinigung auf mechanischem Wege ist nicht durchführbar, sie kann nur teilweise auf chemischem, am wirksamsten aber auf biologischem Wege erreicht werden, und zwar durch Berieselung, durch Füllkörper oder durch Tropfkörper.

Auf diese Anlagen ist deshalb im folgenden nur insoweit eingegangen, als sie auf die Wahl des Klärverfahrens von Einfluß sind.

Die Klärung kann erfolgen:

1. mechanisch, indem man durch die Verringerung der Wassergeschwindigkeit die Stoffe zum Absitzen bringt, deren spezifisches Gewicht größer ist als das des Abwassers, oder indem man die im Wasser schwimmenden und schwebenden Stoffe an Tauchbrettern oder Gitteranlagen zurückhält.

2. chemisch, indem man durch einen Zusatz von Chemikalien (Kalk, Aluminiumsulfat, Eisenchlorid) die Bildung eines Niederschlages und damit das Niedersinken der schlammbildenden Stoffe herbeiführt.

3. biologisch, indem man das Abwasser in Staubecken (sogenannte Faulbecken) leitet, wo sich der Schlamm niederschlägt, fault, an Wassergehalt und dadurch an Volumen verliert und zum geringen Teile verzehrt wird. Es tritt jedoch im Faulbecken auch gleichzeitig eine Reinigung ein.

Chemische Anlagen sind in Fabrikstädten häufig, z. B. in England, bei uns unter andern in Bochum, Essen, Leipzig.

Das Verfahren ist teuer durch den beständig erforderlichen Chemikalienzusatz, die Menge des Schlammes wird ganz bedeutend erhöht, seine Beschaffenheit schließt meist die Verwendung aus, ein großer Teil der gelösten, mineralischen Stoffe wird mit gefällt, was vollkommen unnötig ist, das geklärte Abwasser wirkt nachteilig auf die

Fauna des Vorfluters ein, wenn nicht in besonderen Filtern oder Mischbecken die überschüssigen Chemikalien wieder ausgeschieden werden.

Deshalb hat man das Verfahren in einer Reihe von deutschen und englischen Städten wieder aufgegeben, unter andern in Frankfurt a. M. und Wiesbaden, bzw. will es aufgeben, wie in Leipzig.

Nur mit dem Kohlebreiverfahren hat man unter andern in Potsdam und Spandau günstige Erfahrungen gemacht, das im folgenden kurz mitbehandelt worden ist, weil hierbei die Klärung weniger auf einem chemischen, als auf einem mechanischen Vorgange beruht.

Faulbecken werden gleichfalls in englischen Anlagen viel benutzt. Sie sind leicht zu bedienen und liefern einen preßfähigen Schlamm, der um ca. 10% wasserärmer ist als der von mechanischen Absitzbecken.

Da jedoch das Wasser in dem Becken längere Zeit stehen muß (z. B. 15 Stunden bei der geplanten Anlage in Hamburg), so würden sie bei großen Abwassermengen eine sehr große Ausdehnung erreichen und zu teuer werden. Ihre Leistung geht im Winter zurück. Sie sind auch nur bei nachfolgender Reinigung statthaft, da sonst durch das faulende Abwasser das Fischwachstum geschädigt wird.

Endlich führen derartige Anlagen sehr leicht zu Geruchsbelästigungen für die Umgebung.

Die folgenden Ausführungen behandeln nur die Ausbildung mechanischer Kläranlagen.

Dieses Verfahren ist im allgemeinen und besonders für größere Abwassermengen das rationellste. Es hat außerdem den großen Vorzug, daß man solche Anlagen auf einen bestimmten Grad der Klärung einrichten kann, also nur solche Stoffe ausscheidet, die eine gewisse Mindestgröße oder ein bestimmtes Mindestgewicht überschreiten. Das ist wesentlich für die Einhaltung der behördlichen Anforderungen da, wo man auf eine Reinigung verzichten kann. Es wäre ja zwecklos, über das verlangte Maß hinauszugehen.

Eine vollständige Klärung ist auf mechanischem Wege nicht möglich. Selbst die Abwässer der besten Anlagen enthalten noch 10 bis 20% ungelöste Stoffe, die aber unbedenklich der Reinigungsanlage mit zugeführt werden können.

I. Allgemeine Grundsätze für die Ausführung einer Kläranlage.

Die Anlage soll:

1. was den Klärerfolg anlangt, so viel leisten, daß
   a) bei nachfolgender Reinigung die Leistung der Oxydationskörper oder Rieselfelder nicht beeinträchtigt wird.
   b) wenn keine Reinigung nötig ist, den Anforderungen der Aufsichtsbehörde genügt wird.
2. eine möglichst vorteilhafte Beseitigung und Verwendung des Klärschlammes vorsehen und gleichzeitig Schlammlagerplätze für den Fall, daß mit einer beständigen Abgabe des Schlammes nicht gerechnet werden kann.
3. im Bau, Unterhaltung und Betrieb möglichst wenig Kosten verursachen.
4. die Reinigung und die Ausbesserung einzelner Teile ohne Betriebsstörung zulassen und bei außergewöhnlichen, elementaren Ereignissen wenigstens auf kurze Zeit ganz ausgeschaltet werden können.

5. der zukünftigen Entwicklung Rechnung tragen, also eine Erweiterung ohne Betriebsstörung ermöglichen.

6. weder die Angestellten, noch die Umgebung gesundheitlich oder wirtschaftlich schädigen.

Zu 3. Zu den Faktoren, die zur Herabminderung der Anlagekosten beitragen, gehören:

Ein billiger Grunderwerb, wenn sonst möglich, in einem Stadtteil, der zur Erschließung durch Wohnstraßen ungeeignet ist, wo deshalb auch Prozesse wegen tatsächlicher oder angeblicher schädlicher Wirkungen der Anlage weniger zu befürchten sind.

Möglichste Ausnutzung des Geländes, d. h. Benutzung des natürlichen Gefälles, um teure Pumpwerke zur Beförderung des Schmutzwassers nach der Anlage oder des Schlammes aus den Schlammfängen oder des behandelten Wassers nach dem Vorfluter zu vermeiden oder einzuschränken.

Vereinigung der Anlage mit ähnlichen städtischen Anstalten, wie Fleischzersetzungs- und Müllverbrennungsanstalten; denn durch diese Zentralisierung werden die auf die einzelnen Anlagen entfallenden Kosten geringer, z. B. für hygienische Vorsichtsmaßregeln, für die Errichtung von Kraftwerken und für die Einrichtungen zur Vernichtung der Rückstände, die eventuell gemeinsam erfolgen kann.

Vorteilhaft ist es, wenn die Kläranlage im Hochwassergebiet großer Ströme liegt. Dann ist das Gelände billig und kann zur Ausnutzung des Schlammes verwendet werden (z. B. Mannheim). Außerdem ist der Vorfluter in der Nähe. Selbstverständlich muß aber die Anlage selbst hochwasserfrei liegen, entweder durch Dämme abgeschlossen oder auf einer genügend hohen Aufschüttung. Die Verminderung des Hochwasserstromquerschnitts wird dabei verhältnismäßig unbedeutend sein.

Die Baukosten für die Anlage werden hoch, wenn sie im Grundwasser liegt, das läßt sich jedoch leider nicht immer vermeiden.

Um an Unterhaltungskosten zu sparen, ist beim Bau nur dauerhaftes, säurebeständiges Material zu verwenden.

Holz ist bei wichtigen Konstruktionsteilen auszuchließen; alles Eisen, was mit dem Abwasser in Berührung kommt oder sich in nächster Nähe befindet, wie z. B. Falltüren über Schächten und Treppen, die nach dem Abwasserkanal hinabführen, und die zugehörigen Ketten, ist zu verzinken oder mit einem Asphaltüberzug zu versehen, bei feineren Konstruktionen aus Metall ist Bronze für Bleche und Kupfer für Drähte zu verwenden, nur für stark gespannte Drähte ist Stahl besser, wenn er auch durch die Säuren mehr angegriffen wird.

Das Mauerwerk besteht am besten aus Klinkern mit möglichst engen Fugen aus reinem Zementmörtel 1 : 3, bei der Sohle 1 : 2, das Auslegen der Sohle mit Tonschalen oder Tonplatten ist vorteilhaft. Zementbeton wird viel verwandt, obgleich er nicht säurebeständig ist. Versuche, einen widerstandsfähigen Zement zu erzielen (unter andern am Laboratorium des Tiefbauamts zu Charlottenburg) sind noch nicht abgeschlossen. Ratsam ist es, den Beton mit Klinkern 13 cm (= $^1/_2$ Stein) stark zu verblenden. Das Auskleiden mit Steinfließen (Frankfurt a. M.) ist wohl zweckmäßig, aber auch sehr teuer. Preolit- und Fluatanstriche schützen wohl gegen Säuren. Wenn jedoch Risse im Beton auftreten, reißt der Anstrich auch, und das Wasser kommt doch mit dem Beton in Berührung.

Durch Einbau von Lüftungsschächten ist für einen flotten Abzug der sich in der Anlage entwickelnden Gase zu sorgen, da sonst eiserne Dachkonstruktionen, Elevatoren, Transportmaschinen und etwa aufgestellte Instrumente leiden.

Der Anstrich aller nicht verzinkten Eisenteile ist exakt auszuführen und rechtzeitig zu erneuern. Die peinlichste Sauberkeit ist überall am Platze.

Bei maschinellen Anlagen sind kleine, bewegliche Teile, die sehr empfindlich sind und deshalb zu Betriebsstörungen führen können, möglichst zu meiden.

Um an Betriebskosten zu sparen, ist bei der Wahl des Platzes für die Kläranlagen darauf zu achten, daß sich die Anfuhr der Kohlen und besonders die Beseitigung der Rückstände möglichst billig stellt. Am günstigsten ist jedenfalls die Lage an einem schiffbaren Wasserlaufe. Ist die Abfuhr der Rückstände mit Unkosten verbunden oder ganz unmöglich, so ist eine besondere Schlammverwertungsanlage vorzusehen, wo die Rückstände je nach ihrer Beschaffenheit verbrannt oder vergast oder zu Fett und Kunstdünger verarbeitet werden, um so wenigstens einen Teil der Betriebskosten zu decken.

Erwägungen ökonomischer Art sind auch mit entscheidend, ob einzelne Teile der Anlage ununterbrochen oder unterbrochen, ob maschinell oder mit der Hand betrieben werden sollen.

Zu 4. Um einzelne Teile der Anlage von den angesammelten Rückständen reinigen oder um Schäden ausbessern zu können, ohne den Gesamtbetrieb zu unterbrechen, ist es unbedingt erforderlich, daß alle Teile (Sandfang, Gitter, Absitzbecken oder Brunnen) mindestens zweiteilig ausgeführt werden und unabhängig ein- und ausgeschaltet werden können.

Alle Teile sollen leicht zu übersehen und zugänglich sein.

Es kann vorkommen, daß Hochwasser die Ausschaltung der ganzen Kläranlage erfordert. Für diesen Fall empfiehlt es sich, die Anlage abzuschließen und die Abwässer in einen besonderen Kanal, der für gewöhnlich durch eine Klappe verschlossen ist, und dadurch unmittelbar in den Vorfluter zu leiten, eine Einrichtung, die auch überall da besteht, wo man die Nachtwässer etwa von 12 Uhr nachts bis 6 Uhr morgens ungeklärt läßt, oder wo man bei größeren Regenfällen auf eine Klärung ganz verzichtet.

Im letzteren Falle kann der Abschluß selbsttätig durch einen Schieber mit Hilfe eines Schwimmers im Zuführungskanal bewirkt werden (Köln).

Da, wo die Einleitung von ungeklärtem Abwasser in den Vorfluter nur im Notfall zulässig ist, pflegt die Aufsichtsbehörde den entsprechenden Schieber unter Bleiverschluß zu legen.

Zu 5. Bei dem Entwurfe der Anlage, bei der Wahl des Klärverfahrens, sowie bei den Magistratsverfügungen gelegentlich Einführung der Klärung ist die kommende Entwicklung der Gemeinde eingehend zu berücksichtigen, und zwar ist zu rechnen mit einer größeren Abwassermenge, einer veränderten Beschaffenheit der suspendierten Stoffe und einer veränderten Konzentration.

Die Abwassermenge wird sich erhöhen, nicht nur der Vermehrung der Bevölkerung entsprechend durch größere Dichte und Einverleibung von Vororten, auch die tägliche Brauchwassermenge auf den Kopf der Bevölkerung wird wachsen mit der Verfeinerung der Kultur und der Entwicklung der Industrie. Für deutsche großstädtische Verhältnisse genügt es jetzt noch, 110—150 l pro Kopf und Tag anzunehmen. Aber vornehme Stadtteile größerer Städte weisen schon bedeutend mehr auf, z. B. Berlin-W. 250 l, große Fabrikstädte ebenfalls, z. B. Glasgow 175 l. Bedeutend höher sind die Zahlen für Amerika, nämlich 250—350 l (New York 299 l).

Endlich kann es, wie z. B. in Chemnitz, vorkommen, daß Bäche, die die Stadt durchfließen, gleichzeitig als Sammler benutzt werden und deshalb ihr Wasser der Anlage zuführen müssen. Dadurch entsteht eine weitere Vermehrung des Zuflusses.

Die Beschaffenheit der suspendierten Stoffe kann sich ändern: Städte, in denen die meisten Straßen nur beschottert sind, solche, wo die Fäkalien noch nicht abgefahren werden, oder wo wenig industrielle Anlagen vorhanden sind, können nach Einführung einer besseren Straßenbefestigung (Asphalt, Steinpflaster mit Zement) oder nach obligatorischer Einführung der Wasserklosette und deren Anschluß an die Kanalisation oder nach Entwicklung einer bedeutenden Industrie eine ganz andere Zusammensetzung und Konzentration der Abwässer aufweisen. Im letzteren Falle handelt es sich allerdings meist um die gelösten Stoffe. Nur die Abwässer von Tuchfabriken (Leeds) enthalten Wollfasern, die die Leistung von Siebanlagen beeinträchtigen, diejenigen von Fett- und Talgschmelzen (Manchester) und Ölfabriken (Mannheim) Fett, was besonders für die Entwässerung der Rückstände sehr nachteilig ist.

Wenn für solche Fälle in der Anlage keine geeigneten Vorkehrungen getroffen sind, so sind rechtzeitig Bestimmungen zu erlassen, die größeren industriellen Etablissements das Einleiten derartiger Abwässer in die Schleusen verbieten.

Zu 6. Im Interesse der in der Anstalt beschäftigten Arbeiter empfiehlt es sich, überall, wo sie mit dem Abwasser oder Schlamm in Berührung kommen können, also bei der Beseitigung der Rückstände, den Handbetrieb durch Maschinenbetrieb zu ersetzen.

Erscheint dies wegen des zu geringen Umfangs der Anlage zunächst aus ökonomischen Gründen nicht ratsam, so ist doch beim Bau die Möglichkeit der späteren Einrichtung des Maschinenbetriebes vorzusehen.

Besonders heftigen, unangenehmen Gerüchen sind die Arbeiter, die Filterpressen oder Zentrifugen bedienen, ausgesetzt. Man hat in der Versuchsanlage zu Chemnitz zur Desodorisierung mit Vorteil Facilol verwendet, ein dünnes, bräunliches Öl vom spezifischen Gewicht 0,79, das in Biebrich aus Rückständen der Teerfabrikation gewonnen wird.

Daß für eine gute Lüftung aller Teile der Anlage, wo sich Menschen aufhalten, zu sorgen ist, ist selbstverständlich, ebenso dürfen Wasch- und Baderäume nicht fehlen.

Die Ursachen für die gesundheitliche Benachteiligung der Umgebung sind:

a) Der Gehalt des Abwassers an übelriechenden Gasen.
b) Das Faulen des Abwassers.
c) Die Ausdünstungen der Schlammplätze.
d) Die Fliegenplage.
e) Die schädliche Beeinflussung des Grundwassers.
f) Die Verbreitung von Krankheitskeimen bei Epidemien.

Zu a) Der üble Geruch des Abwassers rührt hauptsächlich von dem Schwefelwasserstoff der Fäkalien her. Um Geruchsbelästigungen der bewohnten Umgebung zu vermeiden, wird die Anlage am besten überdacht und durch Anschluß an einen hohen Schornstein entlüftet. Becken und Brunnen, in denen das Abwasser einige Zeit verweilt, können durch Facilol fast geruchlos gemacht werden.

Zu b) Das Faulen des Abwassers in der Kläranlage ist besonders bedenklich, wenn das geklärte Wasser dem Vorfluter ohne Reinigung übergeben wird. Denn dann verdirbt das Flußwasser, und die Fische sterben. Es ist jedoch bei jeder mechanischen Anlage vorteilhaft, das Faulen ganz zu vermeiden, weil der faulende Schlamm schädliche Gasentwicklungen mit üblen Gerüchen bewirkt. Außerdem steigen bei ruhendem oder nur langsam fließendem Wasser einzelne Schlammteile an die Oberfläche und führen so zur Ansammlung von Insekten.

Das Faulen wird vermieden dadurch, daß das Wasser infolge einer guten Kanalspülung möglichst frisch in der Anlage ankommt, daß man Schlammablagerungen nur

da zuläßt, wo sie stattfinden sollen, daß man den abgelagerten Schlamm rechtzeitig, ehe er zu faulen beginnt, entfernt, und daß man da, wo das Kanalwasser stark zur Fäulnis neigt, die Klärung beschleunigt und den Schlamm während des Betriebes der Schlammfänge entfernt.

Dagegen dürfte das Mairichsche Verfahren in Ohrdruf, wo das Abwasser in den Zuleitungskanälen durch zugeführte Druckluft in fortwährender Bewegung gehalten wird, namentlich für größere Anlagen zu kostspielig werden.

Die Neigung des Abwassers zur Fäulnis ist von der Zusammensetzung, besonders von dem Fäkaliengehalt, abhängig. Industrieabwässer, die reich an organischen Stoffen sind, begünstigen das Faulen. Ferner ist eine große Länge des Zuführungskanales von nachteiliger Wirkung. Daß aber durch gute Spülung selbst bei sehr langen Leitungen das Abwasser ziemlich frisch erhalten werden kann, zeigt die Anlage von Langensalza.

Schlammablagerungen in Vorkammern, Verteilungsrinnen oder Einlaufgallerien sind unbedingt zu meiden. Denn diese Teile der Anlage können ohne Betriebsunterbrechung kaum gereinigt werden. Der sich absetzende Schlamm bleibt vielmehr liegen und infiziert das frische, ankommende Wasser.

Wenn man auch in Hannover den Verteilungskanal so eingerichtet hat, daß die dort abgelagerten Stoffe durch das Ziehen der Schützen vor den eben gereinigten Becken in diese hinein gespült werden, so ist es doch jedenfalls besser, durch eine geeignete Geschwindigkeit, ein zweckmäßiges Profil und durch Vermeiden aller Schmutzwinkel die Ablagerungen unmöglich zu machen.

So soll das Kanalwasser seine Geschwindigkeit bis zum Sandfang beibehalten, hinter dem Sandfang wird die Geschwindigkeit durch eine schmale Ausführung des Verteilungsgewinnes (z. B. Frankfurt a. M.) zweckmäßig wieder erhöht.

Siebe verursachen, besonders wenn sie sehr feinmaschig sind, Aufstauungen (in Marburg 25 cm bei $1^1/_2$ mm Maschenweite), die Schlammablagerungen bewirken können, wenn nicht durch größeres Gefälle oder durch Erweiterung des Querschnittes ein Ausgleich bewirkt wird.

Bei allen in der Anlage ausgeführten Kanälen soll die Sohle möglichst den Isotachen entsprechend verlaufen. Bei geschlossenen Kreis- und Eiprofilen ist das der Fall, bei offenen Gerinnen sind rechteckige Querschnitte (Fig. 1) zu meiden, besser sind trapezförmige (Fig. 2), am besten aber Profile wie Fig. 3 und 4 mit gerundeter Sohle.

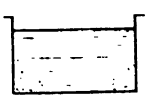


Fig. 1.

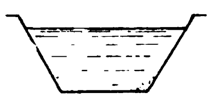


Fig. 2.



Fig. 3.

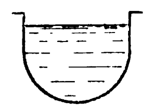


Fig. 4.

Schmutzwinkel entstehen durch plötzliche Erweiterung des Kanalprofiles, z. B. bei Abzweigungen. Um sie zu vermeiden, sind an solchen Stellen die zusammenlaufenden Profile, soweit sie gewöhnlich gefüllt sind, bis zum räumlichen Schnitte durchzuführen.

Zu c) Die Ausdünstungen von Schlammtrockenplätzen und Schlammlagerplätzen können zu einer großen Plage für die ganze Umgegend werden und die Gemeinde in schwere Prozesse verwickeln. Am besten ist es daher, auf Schlammtrockenplätze zu verzichten und sich anderweit zu helfen. Man kann jedoch durch Überdecken dieser Plätze mit Torfmull oder auch mit Facilol den üblen Geruch fast ganz beseitigen (Frankfurt a. M.). Bei der Anlage von solchen Trockenplätzen ist darauf zu achten, daß die vorherrschenden Winde möglichst nicht nach bewohnten Gegenden gerichtet sind.

Schlammlagerplätze lassen sich oft nicht umgehen. Wenn jedoch die aus dem Abwasser entfernten Rückstände sofort mit Torfmull bedeckt werden, sind Ausdünstungen nur in nächster Nähe wahrnehmbar (Düsseldorf).

Zu d) Die Fliegenplage wird besonders im Sommer von den Angestellten und der näheren Umgebung empfunden. Sie wird durch Schlammplätze und durch die auftreibenden gärenden Schlammteile in den Absitzbecken begünstigt. Mit großem Erfolg hat man hiergegen in Frankfurt wieder Facilol angewandt, nicht nur für die Trockenplätze, sondern auch für die Klärbecken. Es genügt, die gereinigten Becken mit Facilol zu besprengen. Dieses Öl bildet dann auf dem eintretenden Abwasser eine dünne Decke, die sich nach dem Durchdringen von Gasblasen stets wieder schließt, so daß die Insekten nicht an Abwasser und Schlamm gelangen können und keine Nahrung finden.

Überall in der Anlage soll die größte Sauberkeit herrschen. Alle Winkel, die den Insekten als Brutstätten dienen können, sind regelmäßig zu reinigen. Schmutztümpel im Freien dürfen nicht geduldet werden.

Zu e) Eine schädliche Beeinflussung des Grundwassers kann dann eintreten, wenn als Absitzbecken offene Teiche und als Gerinne offene Gräben ohne befestigte Sohle benutzt werden. Das kann zu Unzuträglichkeiten und Prozessen führen, wenn das Grundwasser nach Ortschaften, die unmittelbar unterhalb der Anlage liegen, fällt. Dann werden unter Umständen tiefe und teure Abfangegräben nötig.

Zu f) Eine Forderung, die bei jeder Klär- und Reinigungsanlage von der aufsichtsführenden Behörde gestellt wird, ist, daß bei Epidemien eine Desinfektion der Abwässer stattfinden soll (Preuß. Ministerialverordnung vom Jahre 1901).

Desinfiziert wird entweder das Schmutzwasser oder das geklärte Wasser. Das letztere ist zweifellos dann zulässig, wenn der nicht mit desinfizierte Schlamm durch Verbrennung oder chemische Zersetzung unschädlich gemacht wird. In diesem Falle wird das Desinfektionsmittel — gewöhnlich Chlorkalk — in der Auslaufgallerie der Anlage zugesetzt.

Um eine innige Vermengung zu erzielen, empfiehlt sich entweder der Einbau eines Rührwerkes oder eines besonderen Mischgerinnes, am besten so, daß man den Wasserstrom langsam über eine sehr breite Fläche mit sehr geringer Tiefe fließen läßt, wo alle Wasserteilchen mit dem zugesetzten Desinfektionsmittel in Berührung kommen.

In Bernkastel leitet man das geklärte Wasser zu diesem Zwecke in einen besonderen Schacht und läßt es hier eine bestimmte Zeit stehen, um eine gründliche Wirkung zu erzielen.

Bei kleinen und wenig konzentrierten Abwassermengen genügt es, nach dem Vorbild einer kleinen englischen Anlage in dem nicht erweiterten Ablaufkanal einen durchlochten, kugelförmigen Behälter, der das Desinfektionsmittel enthält, möglichst in Mitte des Stromes schweben zu lassen.

Gelangt das Abwasser in einen fischreichen Vorfluter, so ist durch Filter das Desinfektionsmittel wieder zu entfernen oder in besonderen Becken zu neutralisieren.

Wesentlich teurer wird diese Desinfektion, wenn das Abwasser vor dem Eintritt in die Kläranlage desinfiziert wird. Denn dann sind größere Mengen des Desinfektionsmaterials erforderlich, auch genügen einfache Rührwerke und Mischrinnen nicht mehr, sondern es ist besser, ein besonderes Mischbecken vorzusehen, oder besser zwei, um den Betrieb nicht zu unterbrechen. Für den Durchgang des Wassers durch diese Mischkammer ist mit einem geringen Gefällsverlust zu rechnen.

Ein gute Mischung läßt sich auch erreichen, wenn das Desinfektionsmittel in der Pumpstation dem Abwasser zugesetzt wird (Mannheim).

Zur Aufbewahrung des Desinfektionsmittels ist im Entwurfe ein geeigneter Raum vorzusehen.

Eine Desinfektionsanlage, die eine sehr innige Vermengung des Desinfektionsmittels mit dem Abwasser bewirkt, befindet sich in Nakel bei Bromberg, wo wegen der Nähe der russischen Grenze Epidemien eher zu befürchten sind als anderswo in Deutschland. Nachdem das Abwasser in einem Rührwerk mit dem Chlorkalk vermischt worden ist, durchströmt es noch vier längliche Becken, in denen es durch eingebaute Querwände, die abwechselnd als unvollkommene Überfälle oder Tauchbretter angeordnet sind, zunächst zu einer wellenförmigen Bewegung und dann durch schräge, buhnenartige, versetzt angeordnete Einbauten zu einer Schlangenbewegung gezwungen wird.

Die Frage, in welchen Mengen das Desinfektionsmittel dem Abwasser zuzusetzen ist, ist noch nicht geklärt (vergl. hierzu: Dunbar, Leitfaden für die Abwasserreinigungsfrage, München 1907). Die Menge des Zusatzes ist nicht nur von der Konzentration des Abwassers abhängig, sondern auch von der Art der Epidemie, die die Desinfektion bedingt. Auf jeden Fall muß die Entscheidung hierüber stets dem Chemiker oder Bakteriologen überlassen bleiben.

II. Die Zusammensetzung des Abwassers.

Die in den städtischen Abwässern enthaltenen Stoffe sind mineralischen oder organischen Ursprungs und entweder im gelösten oder ungelösten Zustande darin enthalten.

Ihre Menge — gewöhnlich in mg pr. l angegeben — ist bei den verschiedenen Gemeinden außerordentlich verschieden.

Die gelösten mineralischen Stoffe bleiben in der Kläranlage unberührt; sie sind zum Teil schon im Wasserleitungswasser enthalten und verursachen keinen Schaden, wenn sie in den Vorfluter gelangen. Ausgenommen hiervon sind die Abwässer von Färbereien und chemischen Fabriken, insbesondere, wenn sie freie Säuren enthalten.

Die ungelösten, mineralischen Stoffe sind in der Kläranlage auszuscheiden und von der Reinigungsanlage unbedingt fernzuhalten (Lindley).

Die ungelösten, organischen Stoffe werden zweckmäßig in der Kläranlage soweit wie möglich ausgeschieden; denn es ist billiger, den Schlamm aus Becken, Sieben und Brunnen zu entfernen, als ihn aus den Oxydationskörpern auszuwaschen (Imhoff).

Die gelösten, organischen Stoffe werden in der Reinigungsanlage durch Sauerstoffzufuhr in fäulnisunfähige, möglichst mineralische Verbindungen übergeführt, also z. B. der Stickstoff des Eiweiß in Salpetersäure, der Kohlenstoff in Kohlensäure. Der Gehalt des abfließenden Wassers an Salpetersäure dient daher dort als Maßstab für den Reinigungseffekt.

Die Zusammensetzung des Abwassers ist auch in derselben Gemeinde nicht immer gleich, sondern ändert sich mit der Entwicklung. Sie ist ferner in den verschiedenen Jahreszeiten verschieden, ebenso an den einzelnen Wochentagen, besonders dort, wo Schlachthöfe und industrielle Etablissements ihre ungereinigten Abwässer in die Kanalisation gelangen lassen.

Die größten Schwankungen weist aber die Tageskurve auf. So enthalten z. B. die Nachtwässer (von 12 Uhr nachts bis etwa 6 Uhr früh) oft nur den fünften Teil des Tagesdurchschnitts an suspendierten Stoffen.

Diese periodischen Schwankungen sind bei Versuchen zu berücksichtigen. Will man z. B. die Klärerfolge bei verschiedenen Geschwindigkeiten in einer Beckenanlage

vergleichen, so hat man sich vor jedem Versuche von der Beschaffenheit des Abwassers zu überzeugen und wird die Versuche zweckmäßig stets zur selben Tageszeit ausführen.

Auch bei Vergleichen der Ergebnisse verschiedener Anlagen ist diese Erscheinung zu berücksichtigen. Da die Leistung einer Kläranlage, die in % der im Einlauf vorhandenen, suspendierten Stoffe angegeben wird, steigt, je mehr solche Stoffe da sind, so kann ein Vergleich ein schiefes Bild geben, wenn in der einen Anlage die Versuche nur mit Abwasser von der höchsten, täglichen Konzentration vorgenommen werden, in der andern dagegen die Wasserproben zu allen Tageszeiten entnommen werden.

Der geringe Gehalt der Nachtwässer kann eine Vereinfachung des Klärbetriebes zur Nachtzeit gestatten. Entweder nimmt man dann die Klärung rascher vor, oder man schaltet einzelne Teile, z. B. Feinsiebe oder Becken aus und begnügt sich mit einer Vorklärung in Sandfang und Rechen, oder man verzichtet überhaupt auf jede Klärung. Das letztere ist jedenfalls dann zulässig, solange die ungeklärten Nachtwässer weniger suspendierte Stoffe enthalten als die geklärten Tagwässer. Das ist z. B. in Köln der Fall. Die im Versuchsbecken geklärten Tagwässer enthalten noch 88 mg pr. l, die ungeklärten Nachtwässer nur 55 mg pr. l.

Wie verschieden der Gehalt das Abwassers an suspendierten Stoffen und deren Ursprung ist, zeigen nachfolgende Zahlen:

Ein l Abwasser enthielt in

Merseburg . . .	560 mg	Breslau	405 mg
Hannover . . .	270 »	Halle	594 »
Frankfurt a. M. .	1300 »	Dortmund . . .	430 »
Bremen . . .	300 »	Köln	303 »
Mannheim . . .	717 »	Düsseldorf . . .	545 »
Mainz	480 »	London	614 »
Danzig	600 »	Paris	1515 »
Berlin	1048 »	Columbus (N.A.) .	215 »

Das Verhältnis der organischen zu den mineralischen Stoffen ist ebenfalls sehr verschieden.

So enthielt das Abwasser von

Bremen	40 %	mineralische und	(120 mg pr. l)
	60 %	organische Stoffe,	(180 »)
Mainz	60 %	mineralische und	(288 »)
	40 %	organische Stoffe,	(192 »)
Köln	29 %	mineralische und	(88 »)
	71 %	organische Stoffe.	(215 »)

Die Konzentration ist geringer bei größerer Brauchwassermenge; das zeigt z. B. Columbus, das bei einer Brauchwassermenge von 220 bis 380 l nur 215 mg pr. l enthält. Auch Köln weist bei der für deutsche Verhältnisse hohen Brauchwassermenge von 160 l nur 303 mg pr. l auf.

Die Menge der organischen Stoffe ist nur geringen Veränderungen unterworfen, sie beträgt etwa 200 mg pr. l.

Dagegen ist die Menge der mineralischen Stoffe ganz bedeutend verschieden. Die Hauptrolle spielt hierbei der Sand. Insbesondere enthalten Städte, in deren Nähe sich unbewachsene Sandflächen finden, wie z. B. Berlin, Charlottenburg-Westend, Dresden-Neustadt viel davon im Abwasser.

Städte mit einer großen Arbeiterbevölkerung weisen hohe Zahlen auf (Berlin, Mannheim, Paris). Diese große Konzentration rührt vom dem geringen, auf den Kopf der Bevölkerung entfallenden Wasserverbrauch her, der z. B. in Berlin-N. mit seinen ungünstigen Klosettverhältnissen nur 15 l betrug. Doch läßt sich dies wieder nicht von solchen Industriestädten sagen, in deren Abwässer viel freie Säuren und Eisensalze gelangen, weil diese die ungelösten Stoffe in lösliche Verbindungen überführen.

Die ungelösten organischen und mineralischen Stoffe zerfallen dem spezifischen Gewichte nach in:

1. Sinkstoffe, $s > 1$
2. Schwebestoffe, $s = 1$
3. Schwimmstoffe, $s < 1$,

wobei s das spezifische Gewicht des Wassers ist oder exakter das spezifische Gewicht des Abwassers, das nur noch die gelösten Stoffe enthält.

Schwimmstoffe, Schwebestoffe und die leichteren Sinkstoffe sind meist organischen Ursprungs. Das sind: Fäkalien, Fett- und Faserstoffe, Abfälle menschlicher und tierischer Nahrung, Sägespäne.

Die schweren Sinkstoffe dagegen sind vorwiegend mineralischer Art. Zu ihnen gehören: Sand, Steingrus, Kohlenstaub (besonders in Industriestädten und in der Nähe von Kohlenschächten, z. B. Königshütte), ferner aber auch an organischen Bestandteilen Kaffeesatz, Koks und Knochen.

Ferner enthält jedes Abwasser noch mehr oder weniger größere Körper, sogenannte Sperrstoffe, wie Papier, Lappen, Stroh, Holz, Gedärme, Pfropfen, Obstschalen, Tierkadaver.

Aus der verschiedenen Beschaffenheit der ungelösten Stoffe ergeben sich die verschiedenen Einrichtungen zu ihrer Beseitigung:

Sinkstoffe werden durch Verminderung der Geschwindigkeit des Abwassers durch Absitzen ausgeschieden, das geschieht mit den schwereren, mineralischen in Sandfängen, mit den leichteren, organischen Stoffen in Absitzbecken, Absitzbrunnen und Kremerapparaten.

Schwimmstoffe werden an Tauchwänden zurückgehalten, die etwa 25 cm unter die Wasseroberfläche eintauchen.

Schwebestoffe können nur durch Gitteranlagen, die den ganzen Wasserquerschnitt einnehmen, ausgeschieden werden.

Sperrstoffe werden meist durch Grobrechen vor der Kläranlage zurückgehalten.

Es ist jedoch nicht möglich, mit den verschiedenen, vorgenannten Anlagen die suspendierten Stoffe nach ihrer Beschaffenheit völlig zu trennen.

So können größere Klumpen organischer Substanz schon am Rechen ausgeschieden werden oder durch mineralische Substanz beschwert, sich im Sandfang ablagern. Kleinere mineralische Stoffe, die an organischen infolge deren Klebrigkeit haften, können durch den Sandfang nach den Becken oder Brunnen gelangen.

In vielen Fällen endlich verzichtet man darauf, die leichteren Sinkstoffe durch absitzen lassen auszuscheiden, sondern fischt sie bei einer Wassergeschwindigkeit, die diese Stoffe schwebend erhält, an Gitteranlagen ab.

III. Die einzelnen Teile einer mechanischen Kläranlage.

In den Teilanlagen werden ausgeschieden:

A) Stoffe von einem bestimmten Umfang ab.

B) Stoffe von einem bestimmten spezifischen Gewicht, das entweder größer oder kleiner als das des Abwassers ist.

Zu A) Einrichtungen, die Körper von bestimmter Größe ausscheiden, die also gewissermaßen auffischen, heißen »Gitter« (in Hamburg »Abfischanlagen«).

Man unterscheidet hierbei:

1. Gitter mit großen Durchflußöffnungen, bestehend aus einzelnen Stäben in Rostform, »Rechen« oder auch »Grobrechen« genannt;

2. Gitter mit kleinen Durchflußöffnungen, meist in Netzform, »Siebe« genannt, seltener in Harfenform mit saitenartig nebeneinandergespannten Drähten, »Siebe« oder »Feinrechen« genannt.

Die Grenze zwischen Rechen und Sieben liegt etwa bei einer Durchflußöffnung von 15 mm. Doch ist diese Zahl unwesentlich. Der charakteristische Unterschied beider ist der verschiedene Zweck, dem sie dienen.

Rechen sollen alle Sperrstoffe zurückhalten, die den Pumpen schaden, ihre Leistungsfähigkeit herabsetzen oder Druckrohr- und Dükerleitungen verstopfen können.

Aufgabe der Siebe ist es, die Abwässer tunlichst von den organischen Stoffen zu befreien, die darin im schwebenden Zustande enthalten sind.

Bei Anlagen ohne Pumpstation ist die Scheidung zwischen Rechen und Sieb oft nicht durchgeführt.

Entweder tritt an Stelle des Rechens ein kräftiges Sieb mit größerer Maschenweite, das außer den Sperrstoffen auch die gröberen schwebenden und schwimmenden Stoffe zurückhält, oder man macht den Abstand der Rechenstäbe so klein, daß dadurch gleichzeitig ein Grobsieb ersetzt wird.

Rechen sind erforderlich vor Pumpstationen und vor Dükern. Hier wird die obere Grenze des Stababstandes bedingt durch die Forderung, daß keine Stoffe, die den Pumpen schaden können, hindurch gelangen dürfen, die untere Grenze dagegen durch das Bestreben, nur das zurückzuhalten, was nötig ist, um die Kosten der Abfuhr der Rechenstoffe möglichst niedrig zu halten, denn Pumpstationen und Düker haben oft eine in dieser Hinsicht ungünstige Lage.

Die ausgeführten Anlagen besitzen Durchflußweiten von 15 bis 25 mm. (Vgl. die Zusammenstellung auf Seite 21).

Zweckmäßig ist es jedoch, nicht viel über 15 mm hinauszugehen; so hat sich in der Pumpstation Tankgasse in Köln ein Gitterabstand von 22,5 mm noch als zu groß erwiesen, da sich hierbei so viel Gegenstände wie Fäden, Putzwolle, Lappen, dünne Gedärme und dergleichen in der Pumpe an Achse und Schaufeln festhängten, daß die Leistung bedeutend herabging, und die Pumpen alle 5 bis 8 Tage gereinigt werden mußten.

In einzelnen Fällen hat man zwei Rechen hintereinander angeordnet, von denen der vordere einen größeren Stababstand aufweist (Brühl, Eschweiler, Hamburg, Wiesbaden). Der vordere Rechen hat nur den Zweck, ganz grobe Gegenstände, die insbesondere beweglichen Konstruktionen schaden können, zurückzuhalten. Er ist dann vorteilhaft, wenn Bäche, die die Stadt durchfließen, in das Siebnetz eingeleitet werden,

weil diese mitunter größere Gegenstände (Baumstämme) mitführen. Ein solcher Rechen wird deshalb möglichst kräftig ausgeführt, der Abstand der einzelnen Stäbe auf etwa 12 bis 16 cm bemessen.

Eine kleinere Durchflußöffnung für einen solchen Vorrechen empfiehlt sich nicht Man würde sonst einen großen Teil von Stoffen hier gewinnen, die ebensogut an dem 15 mm Rechen abgefischt werden können. Die doppelte Reinigung macht aber besonders bei maschinellem Betriebe die Anlage unnötig kompliziert.

Der Betrieb einer Kläranlage ist jedenfalls am einfachsten, wenn die Schlammausscheidung an möglichst wenig Stellen erfolgt.

Diese Tatsache hat Mairich veranlaßt, bei den von ihm entworfenen Anlagen in Beuthen (O.-S.), Langensalza, Ohrdruf und Guben die Rechenstoffe durch Druckluft zu zertrümmern, damit sie durch das Gitter hindurchgelangen und in den Klärbrunnen mit den andern Rückständen gewonnen werden können.

Im allgemeinen dürfte dieses Verfahren nur für kleinere Anlagen zweckmäßig sein, wo es sich wegen der geringen Menge der Rechenstoffe nicht lohnt, diese getrennt von dem Klärschlamm zu verwerten, für größere Anlagen aber ist es weniger vorteilhaft, denn es ist:

1. teuer durch die Verwendung der Druckluft;

2. nicht zweckmäßig, weil die Rechenstoffe infolge ihrer Beschaffenheit und ihres geringen Wassergehalts meistens besser verwertet werden können als der Klärschlamm. Ferner ist es:

3. möglich, daß die zertrümmerten Sperrstoffe infolge ihres zum Teil sehr geringen Gewichts sich auch in Becken und Brunnen nicht absetzen und in den Vorfluter gelangen oder noch besondere Abfangevorrichtungen erfordern;

4. unwahrscheinlich, daß Sperrstoffe wie Gedärme und Lappen durch Druckluft zertrümmert werden.

Die hohen Kosten, die unter Umständen die Abfuhr der Rechenstoffe bei ungünstiger Lage des Pumpwerkes verursacht, wie sie die örtlichen Verhältnisse bedingen, waren die Veranlassung, daß man im Pumpwerk I zu Charlottenburg jetzt ohne Gitter pumpt, obgleich dadurch jeden dritten bis achten Tag eine Reinigung der Pumpen und eine Unterbrechung des Betriebes erforderlich wird. Denn die Ersparnis an Abfuhrkosten beträgt dort jährlich 5000 Mk.

Vielleicht dürften sich diese unangenehmen Unterbrechungen vermeiden lassen, wenn anstatt der Zentrifugalpumpen oder der einfachen Kolbenpumpen Membrankolbenpumpen (Firma Bopp und Reuther in Mannheim) verwendet werden; das sind Kolbenpumpen, wo durch eine Membran vor dem Kolben dieser vor unmittelbarer Berührung mit dem Abwasser geschützt ist.

Die konstruktive Ausbildung der Rechen und die Abstreifung und Entfernung der Rechenstoffe ist in den letzten Jahren sehr vervollkommt worden.

Man unterscheidet

A) Feste Rechen,
B) Bewegliche Rechen.

Feste Rechen werden ausgeführt als

1. Hölzerne Stehroste,
2. Eiserne Stehroste,
3. Eiserne horizontale Roste,
4. Eiserne Hubroste.

Zu den beweglichen Rechen sind folgende Ausführungen zu rechnen:

1. Feste Gitter mit beweglichem Abstreifer;
2. Bewegliche Gitter mit festem Abstreifer;
3. Bewegliche Gitter ohne maschinelle Abstreifung;
4. Bewegliche Gitter mit beweglichem Abstreifer.

Diese Konstruktionen genügen nur zum Teil den Anforderungen, die im Interesse eines rationellen, zuverlässigen und gesundheitlich einwandfreien Betriebes zu erfüllen sind.

Zu den bereits im allgemeinen Teil erörterten Punkten: doppelte Ausführung, Übersichtlichkeit, Zugänglichkeit, Maschinenbetrieb statt Handbetrieb kommt noch

a) bei unterbrochenem Betriebe im Pumpwerk die Forderung, daß der Rechen nach beendigter Pumparbeit vollständig gereinigt werden kann, ohne daß das Wasser im Rechengerinne entfernt zu werden braucht;

b) bei ununterbrochenem Pumpbetriebe, daß die Reinigung gleichfalls ununterbrochen erfolgen kann, und daß bei den hierzu erforderlichen beweglichen Konstruktionen für die Abstreifung und Entfernung der Rechenstoffe Betriebsstörungen möglichst ausgeschlossen sind.

Ferner ist bei selbständigen Rechenanlagen oder dort, wo sich hinter dem Rechen Siebe oder Kremerapparate zur weiteren Klärung befinden, eine Zertrümmerung der Rechenstoffe zu vermeiden, dadurch, daß diese möglichst außerhalb des Wassers abgestrichen werden und dadurch, daß die Relativgeschwindigkeit des Abwasserstromes zu den am Rechen abgefischten Stoffen niedrig gehalten wird.

Endlich ist auf eine rasche Beseitigung der abgefangenen Stoffe Wert zu legen, da dadurch die Wirkung des Rechens bedeutend erhöht, und der Aufstau vor dem Rechen vermindert wird.

Ist der Gehalt des Abwassers an Gitterstoffen sehr verschieden, so empfiehlt es sich, bei beweglichen Anlagen, eine verschiedene Geschwindigkeit der beweglichen Teile vorzusehen.

Auch bei ununterbrochenem Betriebe sind Vorrichtungen anzuordnen, um den Rechen zwecks Reparatur aus dem Wasser zu heben.

Einige Anlagen ermöglichen auch, den Stababstand in Betriebspausen zu ändern, indem zwischen die einzelnen Stäbe, die auf runden Querstäben sitzen, Ringe von verschiedener Dicke gelegt werden. Das ist leicht auszuführen, aber höchstens bei Versuchsanlagen erforderlich. Wo die Abstreifung der Rechenstoffe durch bewegliche Rechen erfolgt, ist es selbstverständlich ausgeschlossen.

Feste Stehroste genügen selbst für einen unterbrochenen Betrieb kaum bei kleinen Anlagen.

Solange das Wasser im Rechengerinne steht, das nur etwa alle vier Wochen beim Reinigen des mit dem Rechen verbundenen Sandfangs abgelassen wird, ist nur eine unvollkommene Reinigung möglich, indem durch Arbeiter mit eisernen Handrechen oder Hackenstangen von einer Laufbrücke aus die Stoffe in eine Rinne gestreift werden, die oben am Gitter entlang läuft, mit kleinen Löchern versehen ist, damit das mitgenommene Wasser abtropfen kann, und an dem einen Ende einen abnehmbaren Eimer trägt, in den die Stoffe gelangen.

Der Arbeiter kann mit seinem Instrument nach dem untern Teile des Gitters nur schwer gelangen, seine Tätigkeit ist kaum zu kontrollieren.

Unten nahe der Sohle festgeklemmte Stoffe werden daher oft nicht entfernt, gehen in Fäulnis über, und es entstehen üble Gerüche.

Außerdem können Schäden am Rechen nicht bemerkt werden. Dringende Reparaturen erfordern das Ablassen des Wassers.

Um den Rechen nach Entfernung des Wassers aus dem Gerinne zugänglich zu machen, ist eine Treppe vorzusehen.

Solche einfache Anlagen sind ausgeführt unter andern bei den alten Berliner Pumpwerken und in einigen kleineren Anlagen im Rheinland (Pfaffendorf bei Koblenz, Bernkastel).

Eine einwandfreie Konstruktion für einen unterbrochenen Betrieb sind eiserne Hubrechen, wie sie z. B. in dem Pumpwerk in Charlottenburg ausgeführt sind (Fig. 5).

Hier werden die Stoffe durch einen Rechen gehoben, dessen Zähne zwischen die Stäbe des schräg gestellten Gitters eingreifen, und der, sobald es nötig ist, durch einen Arbeiter mit einer Kette in die Höhe gezogen werden kann. Oben ist das Gitter etwas gebogen, so daß die Stoffe in den bereitstehenden Kippwagen gleiten.

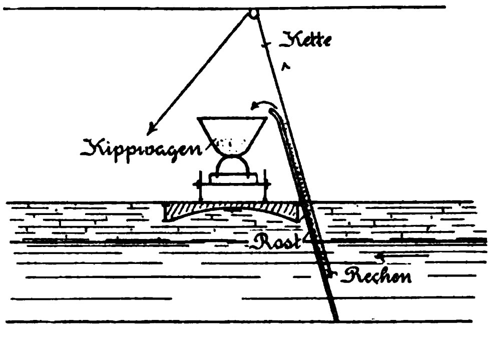


Fig. 5.

Der Arbeiter, der den Rechen bedient, hat gleichzeitig mit einer Bürste oder einem Wasserstrahl den aus dem Abwasser herausragenden Teil des Gitters von Zeit zu Zeit zu säubern.

In Betriebspausen kann dann der ganze Rost mit Ketten oder mit einem Vorgelege gehoben werden zwecks gründlicher Reinigung von den zwischen den Stäben festgeklemmten Stoffen und zwecks eventueller Reparatur. Diese Hebung erfolgt entweder in der Gitterebene oder als Drehung um die obere Kante, wie beim Dresdner Kipprechen (Fig. 2 auf Tafel II). Ein solcher hinter einer Siebkonstruktion angeordneter Kipprechen kann als Notbehelf beim Versagen des Siebes dienen.

Um die Rückstände möglichst wasserarm zu gewinnen, benutzt man in Göttingen Kippwagen, die auf der Seite, auf die die Stoffe fallen, mit Rechen, Grob- und Feinsieb versehen sind, so daß ein Teil des Wassers abläuft, das mit den Rechenstoffen gefördert wurde (Fig. 1 auf Tafel I, vgl. hierzu die Zeitschrift für Architektur und Ingenieurwesen, Jahrgang 51).

Stehroste sind bei unterbrochenem Betriebe hinter dem Sandfange anzuordnen, der dann meist als Sammelbecken für das in den Betriebspausen ankommende Wasser dient.

Stehroste vor dem Sandfange wären nur dann zulässig, wenn während der Hebung und Reinigung des Gitters der Zuführungskanal abgeschlossen und das Abwasser im Sammler aufgestaut werden kann. Das ist jedoch wegen der dann zu erwartenden Ablagerungen im Sammler, besonders bei schwachem Gefälle desselben, nicht vorteilhaft.

Befindet sich das Gitter vor dem Sandfang, so hat man den Vorteil, daß beim Durchgang durch den Rechen größere Schlammklumpen, die teils aus schweren mineralischen, teils aus leichtern organischen Stoffen bestehen, zertrümmert werden und dadurch die Ablagerung fäulnisfähiger, organischer Stoffe im Sandfang vermindert wird.

Größer jedoch ist der Nachteil, daß bei dieser Anordnung der im Abwasser noch enthaltene Sand Klemmungen zwischen Abstreifer und Rost verursacht, die die Abnutzung beschleunigen und den Betrieb stören können.

Ist der Pumpbetrieb ununterbrochen im Gange oder ist wenigstens für später damit zu rechnen, so kommen von festen Gittern nur horizontale Roste (Fig. 6) in Betracht. Der Rechen bildet die Fortsetzung der Kanalsohle und trägt am andern Ende

eine durchlochte, geneigte Rinne, in die die Stoffe, sobald es nötig ist, durch einen Arbeiter gefegt werden. Die Rinne trägt am untern Ende einen abnehmbaren Eimer, oder sie endigt bei genügender Höhe über einem daruntergestellten Kippwagen oder in dem Mantel eines Elevators.

Maschinelle Abstreifungen der Gitterstoffe sind besonders bei Nachtarbeit zuverlässiger als Arbeiter, sie empfehlen sich aus hygienischen Gründen und bei größern Anlagen auch aus ökonomischen Gründen.

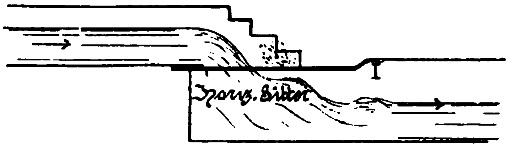


Fig. 6.

Bei horizontalen Rosten kann die maschinelle Abstreifung ähnlich wie bei Fig. 7 oder 14 erfolgen. Die Rechenstoffe werden hierbei nicht nur beseitigt, sondern auch gehoben.

Die Abstreifung geschieht durch Rechen, deren Zähne in die Durchflußöffnungen des Rechens eingreifen. Diese Rechen sitzen auf einem endlosen Bande oder einer nachspannbaren Gelenkkette, die sich über drei Trommeln der Stromrichtung entgegen bewegt, denn so werden die Stoffe auf dem kürzesten Wege entfernt. Die kleinen, beweglichen Rechen, die während der Aufwärtsbewegung ungefähr horizontal stehen, fallen, oben angelangt, infolge der Wirkung einer besonderen Auslösevorrichtung herab und lassen die Stoffe in eine geneigte, durchlochte Rinne oder auf ein Transportband gleiten, entweder unmittelbar oder mittelbar auf ein besonderes Gleitblech.

Sind mehrere Gitter nebeneinander angeordnet, so kann ein Transportband sämtliche Gitter bedienen.

In der Rinne oder auf dem Transportband gelangen dann die Stoffe entweder in die Kippwagen, in den Mantel eines Hebewerkes oder auf ein zweites Band, das sie nach einem Lagerplatze entfernt.

Horizontale Roste und Siebe erfordern ein bestimmtes Gefälle, je nach der Mächtigkeit des Wasserstromes (vgl. Fig. 6, 14 und Fig. 1a auf Tafel II).

Sie sind ungeeignet, wenn die ankommende Wassermenge großen Schwankungen unterworfen ist, was bei einer Kanalisation nach dem Mischsystem stets der Fall ist. Insbesondere kann es, wenn die Anlage sich vor einem Pumpwerk befindet, bei Unachtsamkeit des Maschinisten vorkommen, daß der ganze Rost unter Wasser steht.

An der Stelle der horizontalen Roste sind in einigen größeren Anlagen (Paris, Manchester, Köln) geneigte Roste angeordnet, die nur ein geringes, durch die Verengung der Durchflußweite bedingtes Gefälle erfordern.

Diese Roste sind entweder mit der Stromrichtung geneigt (Paris, Fig. 8) oder gegen die Stromrichtung (Köln, Fig. 10 und Manchester, Fig. 7).

Bei einer genau senkrechten Stellung des Rostes würde die selbständige Entfernung der Rechenstoffe konstruktive Schwierigkeiten machen.

Die Abstreifung erfolgt durch bewegliche Rechen, die auf einer endlosen Kette sitzen, die über zwei Trommeln läuft.

Als Ketten werden zweckmäßig Gelenkketten verwendet, die durch Einsetzen eines Zwischengliedes von variabler Länge nachgespannt werden können. Es ist, um

ein seitliches Verschieben des Abstreifers unmöglich zu machen, erforderlich, auf der Trommel Zähne anzuordnen, die in die zweiteiligen Glieder eingreifen.

Ist der Rost mit der Stromrichtung geneigt, so werden die Rechen auf der stromabgekehrten Seite angeordnet, greifen durch die Durchflußöffnungen um ein bestimmtes Maß durch (Paris 17 cm) und bewegen sich der Stromrichtung entgegen nach oben, andernfalls liegen die Rechen auf der stromzugewendeten Seite, bewegen sich in der Stromrichtung nach oben, und die Zähne greifen in den Rost nur ein.

Im letzten Falle kann man auch, um das Einklemmen der Zähne zu verhindern, die beweglichen Abstreifer als einfache Schaufeln oder Bürsten ausbilden, die über die Gitterstäbe gleiten. Schaufeln erhalten einen elastischen Kautschuk- oder Lederstreifen, um ein gutes, dichtes Anliegen an allen Stellen zu bewirken.

Der Vorzug der Pariser Konstruktion ist, daß die Sperrstoffe, besonders Gedärme und Lappen, nicht an die beweglichen Teile gelangen und Betriebsstörungen verursachen können.

Nachteilig ist die größere Möglichkeit des Klemmens der durchgreifenden Rechenzähne zwischen den Roststäben, wenn körnige, harte Stoffe dazwischen geraten.

Die größere Relativgeschwindigkeit der Stoffe während der Hebung gegen das Abwasser verursacht eine teilweise Zertrümmerung.

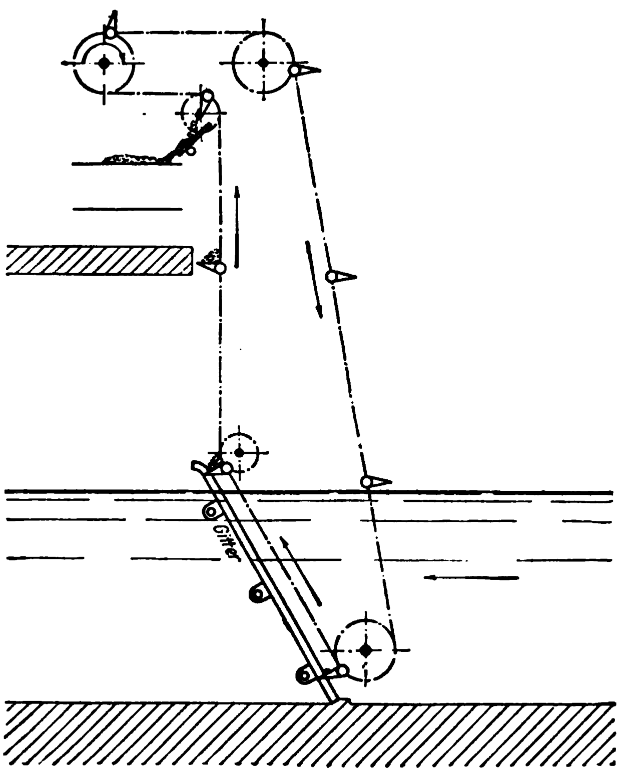


Fig. 7 [1]).

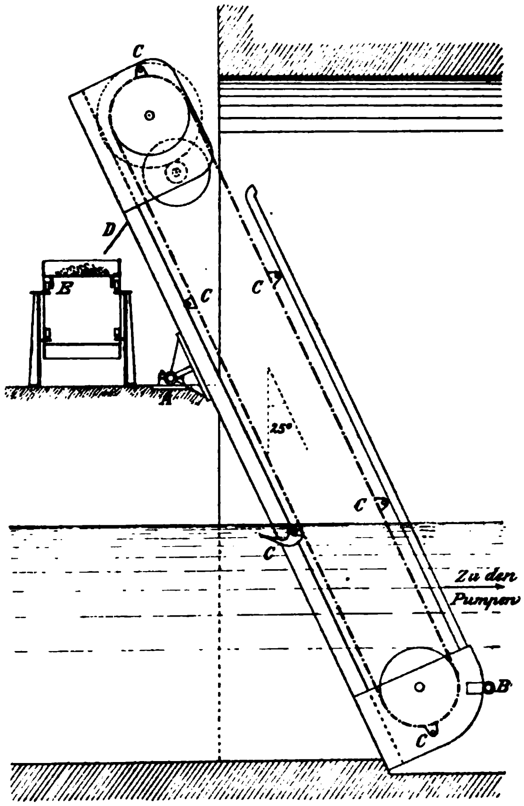


Fig. 8 [2]).

[1]) Aus Merckel: Die Versenkung der Dükerrohre usw. und die Mündungsanlage der neuen Stammsiele in Hamburg«, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1906.

[2]) Aus Frühling: »Anlagen zur Abführung der Brauch- und Regenwässer«. Handbuch der Ing.-Wissenschaften usw., III. Teil: Der Wasserbau. 4. Band.

Die Pariser Ausführung ist deshalb nur bei nachfolgender Klärung in Becken oder Brunnen zulässig. Ein gröberer Rechen ist vor einer solchen Konstruktion entbehrlich.

Die zweite Konstruktion, die bei der vierteiligen Gitteranlage der Stadt Köln ausgeführt ist, hat den Nachteil, daß der untere Teil der beweglichen Konstruktion im Abwasser liegt, das noch die ganzen Sperrstoffe enthält. Daher ist es vorteilhaft, einen gröberen Rechen davor anzuordnen. Die Zertrümmerung ist hierbei geringer, so daß diese Anlage bei selbständigen Rechen oder von Sieben und Kremerapparaten den Vorzug verdient. Sie wird jedoch von der im folgenden beschriebenen Hamburger Anlage an Wirksamkeit übertroffen.

Eine andere Lösung der maschinellen Entfernung der Sperrstoffe aus dem Abwasser bieten bewegliche Roste mit festem Abstreifer, wie sie in Hamburg und Schöneberg ausgeführt sind.

Hier besteht der bewegliche Rost aus einer Anzahl einzelner Roste, die wie die

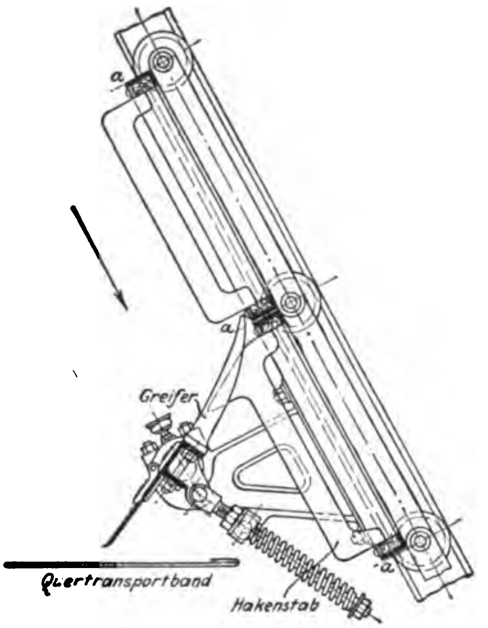


Fig. 9a[1])

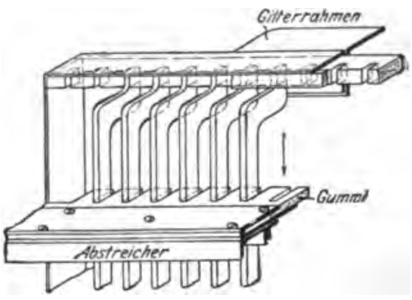


Fig. 9b[1]).

Glieder einer Gelenkkette miteinander verbunden sind. (Fig. 9a, b und c.) Als Material für die Rostglieder wurde der Gewichtsersparnis wegen nicht Eisen, sondern eine leichtere Metallegierung gewählt.

Die Länge eines Gliedes beträgt etwa 35 cm.

Dieses Rostband, das gegen die Strömung geneigt ist, bewegt sich über zwei Trommeln mit der Strömung nach oben. Die Geschwindigkeit beträgt in Hamburg 2 cm/sec.

Der zuerst angeordnete feste Abstreifer (Fig. 9a), der die abgefischten Stoffe auf ein Quertransportband warf, hatte sich nicht recht bewährt und wurde durch die Konstruktion nach Fig. 9c ersetzt.

Hier werden die Stoffe durch einen festen Gummikamm, dessen Zähne in den Rost eingreifen (Fig. 9b), abgestreift und dann durch einen zweiten, beweglichen Abstreifer auf ein Quertransportband geworfen.

Dieser bewegliche Abstreifer tritt nur in dem Augenblick in Tätigkeit, wo die Mulde zwischen zwei Rostgliedern den Kamm passiert.

Das Quertransportband gab in Hamburg früher die Stoffe auf ein Längstransport-

[1]) Aus Merckel: »Die Versenkung der Dükerrohre usw. und die Mündungsanlage der neuen Stammsiele in Hamburg«, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1906.

band ab. Man baut die Anlage jedoch um und ersetzt das Längsband durch Lowrenbetrieb, da sich die Förderbänder nicht bewähren.

Eine solche Rechenanlage nach dem Hamburger Vorbild ist nicht komplizierter als die Anlagen von Köln und Paris. Sie hat jedoch den großen Vorteil, daß kein Teil des Rostes ständig unter Wasser ist, also Schäden sofort bemerkt und abgestellt werden können. Die Kölner und Pariser Anlagen erfordern dagegen besondere Böcke, mit denen die Roste zur Vornahme von Reparaturen gehoben werden, die dadurch auch mehr Zeit und Arbeit erfordern.

Ferner ist die Zertrümmerung der Rechenstoffe in Hamburg bedeutend geringer, da diese außerhalb des Wassers abgestreift werden. Insbesondere werden die schlamm-

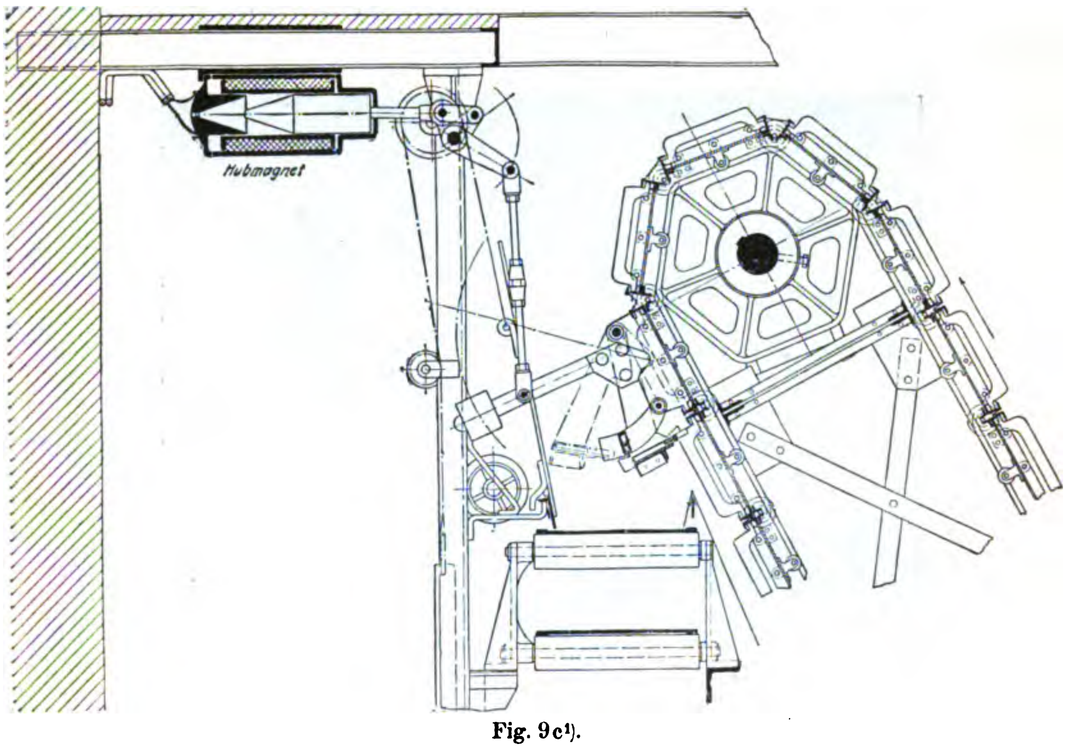


Fig. 9c[1]).

bildenden Stoffe zu einem großen Teile ausgeschieden; sie lagern sich hauptsächlich in der Mulde über dem Gelenk zwischen je zwei Rostgliedern ab (Fig. 9c). Ein Nachteil des beweglichen Rostbandes ist, daß es nicht nachgespannt werden kann, und ein weiterer Übelstand ist das große Gewicht.

Rechenanlagen nach Art der Hamburger Abfischanlage sind unbedingt vorzuziehen bei selbständigen Rechenanlagen, wo möglichst viel auszuscheiden ist, und bei nachfolgenden Sieben ohne Becken und bei Kremerapparaten, wo eine Zertrümmerung zu meiden ist.

Die zweite Art der beweglichen Rechen sind die sogenannten Flügelrechen (Frankfurt a. M., Düsseldorf, Wiesbaden).

---

[1]) Aus Merckel: »Die Versenkung der Dükerrohre usw. und die Mündungsanlage der neuen Stammsiele in Hamburg«, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1906.

Der Rechen besteht aus fünf oder sechs Tafelrosten, die wie die Flügel einer Windmühle strahlenförmig auf einer Welle angeordnet sind, die sich der Stromrichtung entgegen dreht (Fig. 10).

Damit in jedem Augenblick das durchströmende Wasser den Rechen passiert, muß die Kanalsohle unter dem Rechen eine zylindrische Vertiefung erhalten.

Solche Flügelrechen bieten den festen Rosten gegenüber eine Reihe von Vorteilen:

1. Der Zustand des Rechens kann beständig übersehen werden, da kein Teil dauernd unter Wasser ist.

2. Die Abstreifung erfolgt nur über Wasser. Dadurch wird die Zertrümmerung geringer, und die Wirkung des Rechens erhöht.

3. Die Arbeit des Rechens kann jederzeit übersehen werden.

Der Nachteil des Flügelrechens ist, daß die abgefangenen Stoffe direkt gegen den Strom gedrückt und so zertrümmert werden; der unter 2. genannte Vorteil wird also



Fig. 10[1].

aufgehoben. Ein Flügelrechen ist deshalb nur zur Vorklärung vor Becken und Brunnen, nicht als selbständige Anlage oder vor Sieben möglich.

Die Drehung des Rechens kann mit der Hand durch ein Vorgelege erfolgen; der Rechen wird weiter gedreht, sobald sich eine Tafel genügend beladen hat. In der Ruhestellung steht stets eine Tafel senkrecht zur Stromrichtung. Die Reinigung erfolgt dann durch einen Arbeiter, der die Stoffe mit Bürsten in einen Wagen kehrt, der auf einer Brücke oberhalb des Rechens steht.

Eine solche Ausführung dürfte nur für kleinere Anlagen ausreichend sein oder bei sehr großem Abstande der Roststäbe, wo die Menge der Stoffe daher gering ist (z. B. 155 mm in Düsseldorf).

Der vorgenannten Schneppendahlschen Ausführung (Fig. 10) mit Handbetrieb steht die Uhlfeldersche Ausführung in Frankfurt a. M. gegenüber, bei der Antrieb und Abstreifung durch Maschinenbetrieb erfolgt (Fig. 1a auf Tafel II).

[1]) Aus: »Gesundheitsingenieur«, Jahrg. 25 (1902), S. 398.

Hierbei werden die Stoffe durch den unteren Querriegel eines oberhalb des Rechens beweglich aufgehängten, diesen umfassenden Rahmens auf eine Auffangplatte abgestreift; eine hinter dem Riegel angebrachte, rotierende Bürste, die durch einen Wasserstrahl von Zeit zu Zeit gesäubert wird, sorgt für die gründliche Reinigung auch zwischen den Stäben.

Ist der Rahmen an der Peripherie des vom Rechen durchlaufenen Zylinders angelangt, so fällt er, durch eine besondere Vorrichtung gebremst, auf die folgende Rosttafel herunter, die Auffangplatte wird durch die Bewegung des Rechens umgekippt und läßt die Stoffe auf ein Förderband fallen.

Der Frankfurter Rechen erfüllt die Forderung der Ausschaltung des Handbetriebes in idealer Weise, ebenso wie die Ausführungen in Hamburg, Köln und Paris. Leider sind jedoch infolge der Beweglichkeit aller wichtigen Teile Betriebsstörungen nicht ausgeschlossen.

In der folgenden Übersicht sind einige Daten über ausgeführte Durchflußweiten gegeben:

1. Rechen vor Pumpstationen.

Charlottenburg	15	mm
Köln	22,5	» [1])
Mannheim	20	»
Paris	25	»
Hannover	10	»

2. Rechen vor der Kläranlage.

Brühl bei Köln	100	» und 50 mm
Köln	15	»
Düsseldorf	155	»
Hamburg	150	» und 15 mm[2])
Marburg	15	»
Leipzig	8	»
Frankfurt	10	»
Wiesbaden	40	» und 15 mm
München-Gladbach	45	»
Pfaffendorf b. Koblenz	25	»
Aachen	20	»
Bottrop (Bez. Münster)	15	»

B. Siebe werden als feste oder bewegliche Konstruktionen entweder selbständig oder in Verbindung mit Schlammfängen angeordnet.

Selbständige Siebe, die man in der letzten Zeit bei günstiger Vorflut bevorzugt, haben die Aufgabe, Absitzbecken oder Absitzbrunnen zu ersetzen, sollen also möglichst viel suspendierte Stoffe ausscheiden, die durch Sandfang und Rechen hindurchgegangen sind.

Soll eine solche Siebanlage zur Zufriedenheit wirken, so ist zu verlangen, daß:

1. an dem Siebe keine Zertrümmerung der aufgehaltenen Stoffe erfolgt;

2. das Sieb keinen Aufstau, der mit unangenehmen Ablagerungen in den Zuleitungskanälen verbunden ist, verursacht;

[1]) Hat sich als zu groß erwiesen.

[2]) Die neue Hamburger Anlage sieht nur 10 mm vor.

3. die Siebe sich leicht auswechseln lassen,

4. ein schnelles Anpassen an die wechselnden Zulaufmengen möglich ist.

Insbesondere die erste Forderung wird von fast allen bis jetzt ausgeführten Sieb-anlagen nicht in genügender Weise erfüllt, die Göttinger Anlage vielleicht ausgenommen; doch kann diese wegen der gewählten großen Maschinenweite von 11 mm nicht zum Vergleiche herangezogen werden.

Um die Zertrümmerung der Siebstoffe zu vermeiden, ist dafür zu sorgen, daß:

a) das Abwasser nicht in faulendem Zustande an die Siebe gelangt, weil diese dann fast gar nicht wirken, denn die körnigen Schlammteilchen zerfallen leicht und gelangen durch die Maschen hindurch;

b) die aufgefangenen Stoffe außerhalb des Abwassers abgestreift werden, aber nicht durch Bürsten auf den Sieben im Wasser zerrieben werden;

c) die aufgefangenen Stoffe möglichst bald aus dem Abwasser herausgehoben werden, ehe sie der Wasserstrom durch die Maschen hindurchdrückt;

d) die Relativgeschwindigkeit der Stoffe während der Hebung gegen das Abwasser möglichst gering ist, um den Wasserdruck zu mindern;

Ein Aufstau des Abwasserstromes entsteht, abgesehen von der Profilverengung durch die Netzdrähte selbst, wenn das Abwasser auf dem Siebe eine Schlammlage vorfindet, anstatt auf eine gereinigte Fläche zu treffen.

Feste Siebe, besonders senkrechte oder geneigte, genügen den vorgenannten Anforderungen nicht.

Horizontale Siebe sind insofern besser, als hier die Stoffe durch die Strömung aus dem Abwasser heraus geschoben und außerhalb desselben beseitigt werden können. Doch ist die Reinigung derartiger Siebe eine unangenehme Arbeit; die Zertrümmerung der Siebstoffe ist durch die große Wassergeschwindigkeit bedeutend, und endlich ist ein Gefälle von mindestens 20 cm erforderlich, was nicht immer zur Verfügung steht. Bei der Ausführung nach Fig. 11, wo das Sieb die Verlängerung der Kanalsohle bildet, sind die beiden letzten Nachteile geringer als bei Fig. 12.

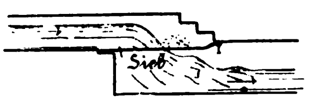


Fig. 11.

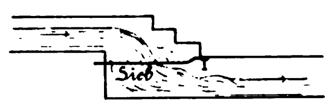


Fig. 12.

Es ist vorteilhaft, die Siebe am unteren Ende hoch aufzubiegen, um das Überfließen von ungereinigtem Wasser zu verhindern.

Auch die ausgeführten, beweglichen Konstruktionen sind nicht sämtlich einwandfrei.

Entweder wird hierbei das Sieb fest und die Abstreifvorrichtung beweglich ausgebildet, oder das Sieb beweglich und die Abstreifvorrichtung fest oder ebenfalls beweglich.

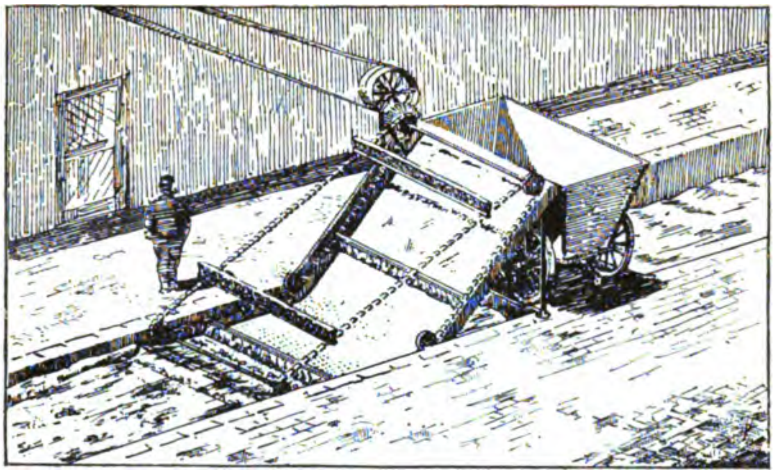
Die erstgenannte Konstruktion ist, außer wenn es sich um horizontale Siebe handelt, nicht zu empfehlen, weil hierbei die Siebstoffe unter Wasser abgestreift werden.

Eine Ausführung dieser Art ist die von Forbat beschriebene Anlage in Wiesbaden, wo Bürsten, die sich auf einer Kette ohne Ende bewegen, die Stoffe von dem Lochsiebe abheben und in einen Wagen werfen (Fig. 13).

Eine wesentliche Verbesserung hiergegen zeigen die von Metzger für Bromberg und Insterburg ausgeführten Anlagen.

Hier gelangt das Abwasser zunächst in eine Rinne von halbkreisförmigem Querschnitt, worin es sich aufstaut, bis es über die eine Seite übertritt auf einen nahezu horizontalen Feinrechen von 3 mm Stababstand. Die Abstreifung der abgelagerten Schmutzstoffe erfolgt auf mechanischem Wege ähnlich wie bei Fig. 13 durch Bürsten nach einem Schneckentrog, von wo sie nach einem Sammelbehälter geschafft werden.

Es ist bei einer solchen Anlage nahezu ausgeschlossen, daß die Schlammteilchen durch ihre eigene Geschwindigkeit an den Roststäben zerrissen werden. Dagegen dürften sich in der vor dem Feinrechen angeordneten Rinne infolge der Geschwindigkeitsverminderung Ablagerungen von Sinkstoffen unangenehm bemerkbar machen.



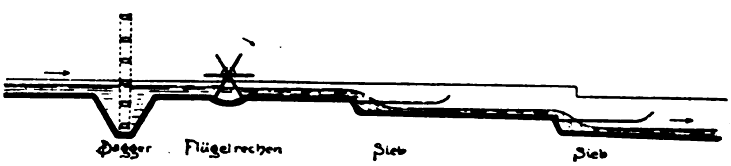


Fig. 13. **Kläranlage mit horizontalen Sieben in Wiesbaden.**

Ein stehendes Sieb mit beweglicher Abstreifung ist die Feinrechenanlage nach Patent Riensch der Stadt Düsseldorf (Fig. 15 auf Seite 26).

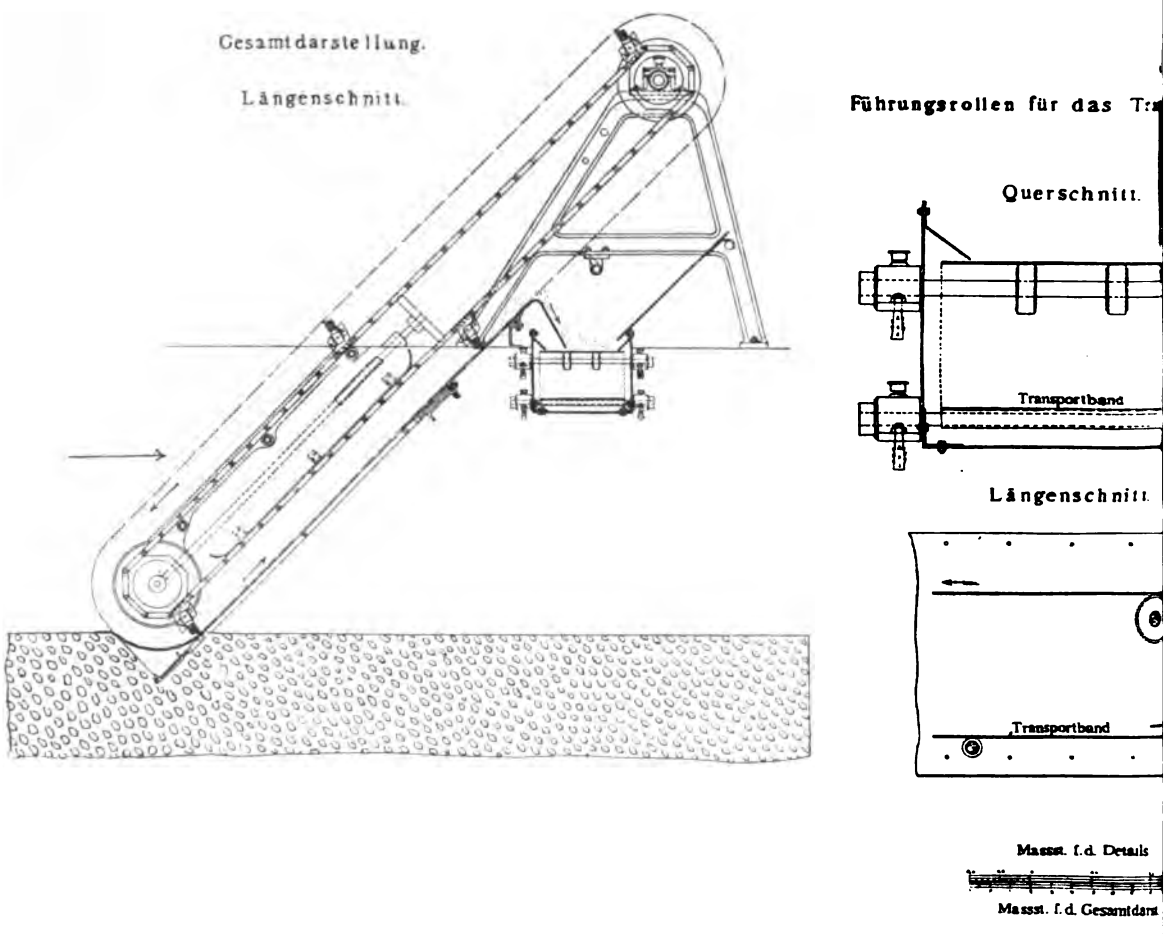
Dort sind vier Feinrechen, sogenannte »Harfen« aus Stahldrähten von 3 mm Abstand angeordnet. Damit die Drähte durch die ankommenden größeren Stoffe sich nicht seitlich ausbiegen, erhalten sie eine Spannung von 500 kg/qcm. Das war die Veranlassung, daß man Stahldraht wählte, obgleich dieser alle Vierteljahre erneuert werden muß. Kupferdraht hielt diese hohe Spannung nicht aus.

Die Reinigung des Siebes erfolgt durch vier Kämme, deren Zähne aus dünnen, senkrecht stehenden Stahlblättchen gebildet sind, die zwischen den Drähten nach oben bewegt werden. An Stelle dieser Stahlbleche wurden früher Messing- und Stahldrahtbürsten verwendet.

Diese ermöglichten jedoch keine befriedigende Reinigung und waren außerdem bedeutend teurer.

Diese vier Kämme sind auf den Speichen einer in der Stromrichtung rotierenden Welle angeordnet. Die Länge dieser Speichen ist teleskopartig veränderlich durch Dorne, die in Zwangsschienen an den Wänden des Gerinnes geführt werden. So wird

DETAILS DER SI



Fi

erreicht, daß die Kämme die ganze, etwas gekrümmte Harfe von unten bis oben durchstreifen.

Über dem Sieb werden die aufgefangenen Stoffe durch einen selbsttätigen Abstreifer auf ein Querförderband geworfen.

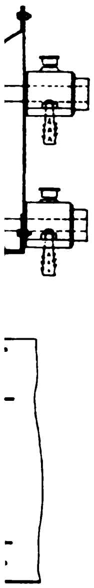
Die Wirkung der Düsseldorfer Harfe wird durch Wollfasern in den Abwässern der Tuchfabriken und durch Schweinsborsten in den Schlachthofabwässern beeinträchtigt.

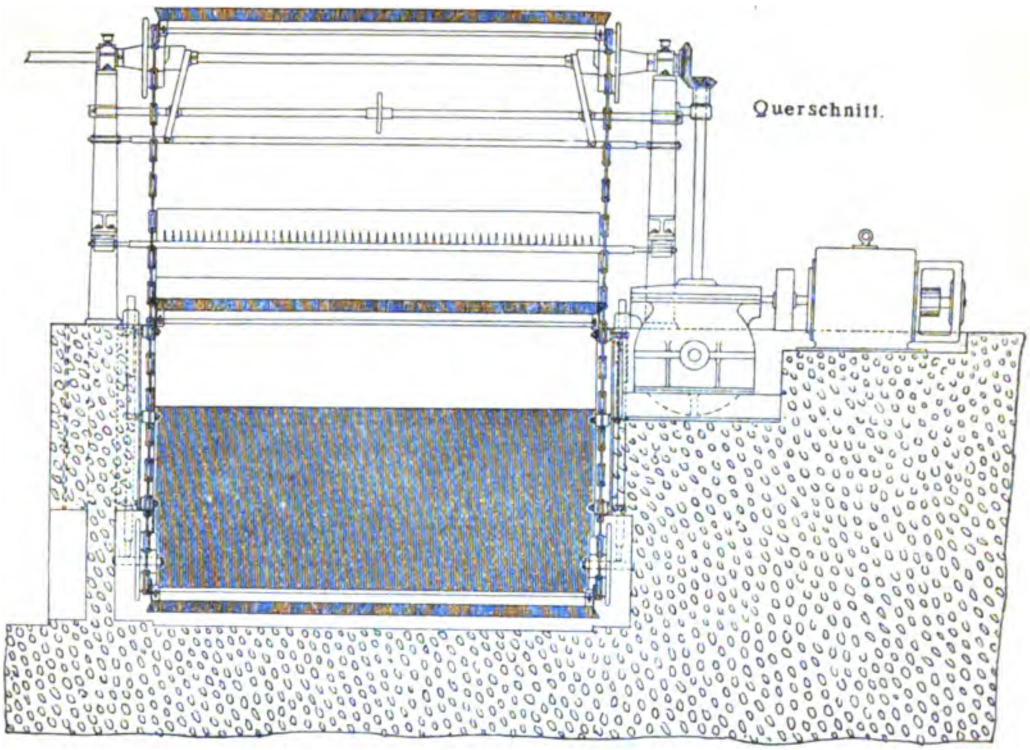
Eine solche Harfe, wie sie auch in Mainz zur Ausführung kommen soll, erfüllt jedenfalls die behördliche Anforderung, daß Stoffe über eine bestimmte Größe hinaus nicht in den Vorfluter gelangen dürfen, vollkommen. Sie hat den weiteren Vorzug, daß die der Abnutzung unterworfenen Teile wie Harfendrähte und Kammbleche verhältnismäßig billig sind und leicht ausgewechselt werden können.

Sie bietet aber auch ein Beispiel für die Zertrümmerung der schlammbildenden Stoffe. Denn diese werden hier so gut wie gar nicht ausgeschieden. Was nicht an

BANLAGE.

ortband.





Cöln, im Januar 1906.
Der Stadtbaurat: Die Ingenieure.

l

14.

den Drähten der nahezu senkrechten Harfe zerrieben wurde, wird durch die senkrecht gestellten Kammbleche zerschnitten und gelangt in den Vorfluter hinein.

In Köln hat man an Stelle eines Siebes einen Rost von 3 mm Stababstand angeordnet. Die konstruktive Anordnung ist dieselbe wie bei dem vorher angeordneten Rost von 15 mm Stababstand (Fig. 14).

Ein derartiger Feinrechen verursacht einen ganz erheblichen Stau, weil die Breite der Gitterstäbe ebenso groß wie die der Durchflußöffnung ist, und weil bei der Abstreifung mit Bürsten die Zwischenräume zwischen den Stäben nur ungenügend gereinigt werden können.

Dem hat man in Köln durch Verbreiterung des Gerinnes zwischen Rechen und Feinrechen Rechnung getragen.

Die Zertrümmerung der schlammbildenden Stoffe ist jedoch in Köln geringer als in Düsseldorf, denn die zerschneidende Wirkung der feinen Drähte und Bleche fällt

fort. Verfasser konnte beobachten, daß ein großer Teil der Schlammstoffe wie Fäkalienklumpen entfernt wurde. Allerdings wurde die Kölner Anlage vormittags gegen 10 Uhr besichtigt, wo die hinaus gelangenden Abwässer an Fäkalien besonders reich sind.

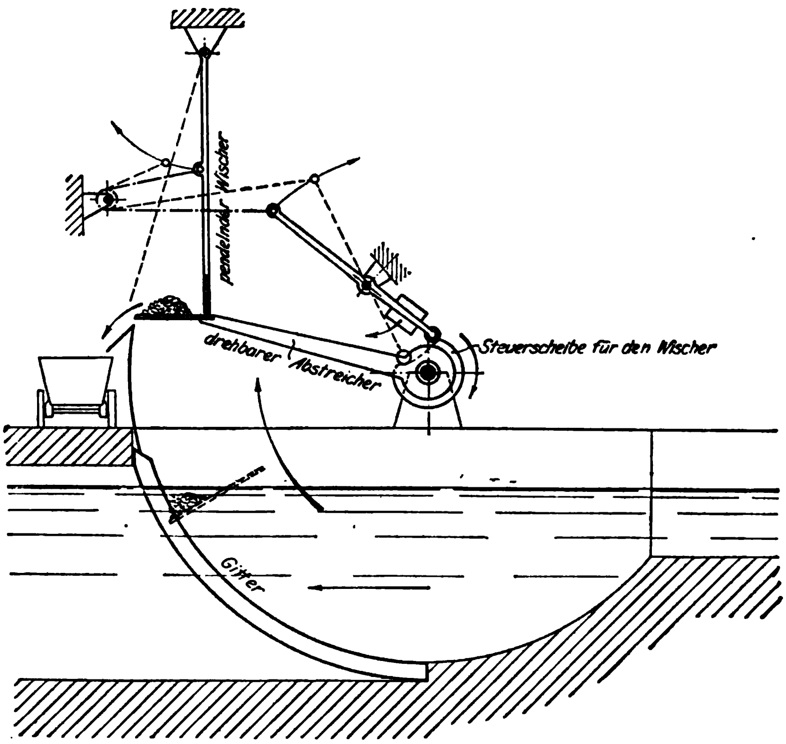


Fig. 15[1].

Den gemeinsamen Nachteil der bis jetzt besprochenen festen Siebanlagen, nämlich die Zertrümmerung der schlammbildenden Stoffe sucht man durch bewegliche Siebe, das sind Siebbänder, Siebscheiben und Siebtrommeln, mit teilweisem Erfolg zu vermeiden.

Eine Anlage mit einem endlosen Siebband ist in Göttingen ausgeführt (Fig. 1 auf Tafel I). Das Sieb ist ein Netz aus geglühtem Kupferdraht von $1^1/_2$ mm Stärke mit 11 mm Maschenweite. Ein Band aus durchlochtem Messingblech hat sich nicht bewährt, weil es infolge der auftretenden Zugspannung riß. Auch Kupferdrahtband erleidet bleibende Dehnungen und muß beim Nachspannen verkürzt werden.

Das 17 m lange Band bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von 2,48 m/min dem Strom entgegen über zwei Trommeln von 50 cm Durchmesser, von denen die obere angetrieben wird.

Damit der ganze Wasserstrom auf eine ebene Fläche trifft, erhält der Reinigungsraum eine Vertiefung von 70 cm da, wo sich die untere Trommel befindet (Fig. 1 auf Tafel I).

Um die suspendierten Stoffe möglichst sämtlich auf das Sieb zu leiten, und um zu verhindern, daß sie an den Wandungen hindurchschlüpfen oder unter die untere

[1] Aus Merckel: »Die Versenkung der Dükerrohre usw. und die Mündungsanlage der neuen Stammsiele in Hamburg«, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1906.

Trommel geraten, wurde in dem verlängerten Gerinne ein sogenanntes bewegliches Schiff angeordnet, das den Wasserquerschnitt etwas einschnürt.

Durch geeignete Vorrichtungen wie Gleitrollen, Gummiüberzüge über die Rollen wird ein gleichmäßiger Lauf des Bandes erreicht.

Das Band ist jetzt unter 45° gegen die Stromrichtung geneigt, so daß die Relativgeschwindigkeit der Netzstoffe gegen das Abwasser während der Hebung sehr gering ist, und eine Zertrümmerung nicht zu bemerken ist. Die Relativgeschwindigkeit kann durch einen spitzeren Winkel noch mehr verringert werden. Jedoch darf man hierin nicht zu weit gehen, wenn mit stark wechselnden Wasserständen zu rechnen ist.

Auf dem Band sind in Abständen von 1 m niedrige Messingwinkel angebracht, die verhindern, daß die lose aufliegenden Verunreinigungen zurückfallen.

Die Reinigung des Bandes erfolgt durch eine rotierende Bürste, die unterhalb der Triebtrommel auf der den Stoffen abgewandten Siebseite angeordnet ist und durch die Triebwelle mit bewegt wird. Außerdem wird noch das Netz durch einen Wasserstrahl von starkem Drucke abgespült. Die geförderten Stoffe gelangen dann in den bereits oben genannten Kippwagen mit Rechen und Siebwandung, so daß das mitgehobene und das Spülwasser wieder in den Kanal ablaufen kann.

Das ganze Band kann mittels eines Bockes zu Reparaturzwecken aus dem Wasser gehoben werden.

In der Nacht wird das Sieb ebenfalls gehoben, und die Nachtwässer, die weniger Verunreinigungen enthalten, passieren nur einen oberhalb des Bandes eingebrachten Stabrechen. Die dort zurückgehaltenen Stoffe werden am nächsten Tage mit dem Siebbande entfernt.

Die Göttinger Ausführung ist von allen definitiven Anlagen — Versuchsanlagen also ausgeschlossen — die einzige, bei der keine nennenswerte Zertrümmerung stattfindet.

Es ist jedoch leider unwahrscheinlich, daß es gelingen wird, auch für kleinere Maschenweiten bis zu $1^1/_2$ mm herab auf diesem Wege Erfolge zu erzielen; denn die konstruktive Ausführung des Bandes dürfte auf Schwierigkeiten stoßen, da je kleiner die Maschenweite ist, desto kleiner der Drahtdurchmesser gewählt werden muß, und desto unangenehmer sich der Einfluß der Zugspannungen bemerkbar machen wird.

Vielleicht aber ist es möglich, das Netz so herzustellen, daß in ein weitmaschiges Geflecht von genügend starken Drähten Feinsiebe aus feinen Drähten eingeflochten werden. Die Zugspannungen können auch unschädlich gemacht werden, wenn nach Art des Hamburger Rechens das Siebband aus einer Anzahl einzelner Tafelsiebe hergestellt wird; das sind Drahtnetze, die von rechteckigen Eisenrahmen eingefaßt sind, die miteinander wie die Glieder einer Gelenkkette verbunden zind.

Eine solche Konstruktion ist in Nakel bei Bromberg ausgeführt worden. Hier bestehen die Rahmen aus hochstehenden Flacheisen, die gleichzeitig das Abgleiten der Stoffe verhindern.

Die Schwierigkeit bei einer derartigen Konstruktion ist, zu vermeiden, daß das Abwasser an den Kettengelenken zwischen zwei Sieben hindurchtritt. In Nakel war die Lösung leicht, weil hier das Sieb nicht in das Gerinne eingebaut ist, wie in Göttingen, sondern das Abwasser aus einer über dem nahezu horizontalen Siebe liegenden Rinne auf dieses herabfällt. Es genügte daher, jeden Rahmen mit einem Blechlappen zu versehen, der über das in der Bewegungsrichtung vorangehende Gelenk übergreift.

Diese Ausbildung des Einlaufs verbietet sich jedoch bei größeren Wassermengen, weil dann infolge der größeren Geschwindigkeit eine Zertrümmerung der Siebstoffe eintritt.

Die Schwierigkeit, einen dichten Abschluß über den Gelenken herzustellen, sowie

der Nachteil, daß bewegliche Konstruktionsteile mit dem Abwasser in Berührung kommen und dadurch leiden, war die Veranlassung, daß für die Neuanlage in Bromberg kein Siebband, wie in Nakel, sondern eine Siebtrommel vorgesehen wurde, deren sämtliche Lager außerhalb des Abwassers liegen, während bewegliche Teile wie die oben genannten Gelenke vermieden werden.

Ein näheres Eingehen auf diese Trommelanlage muß sich der Verfasser versagen, da es sich um ein Projekt handelt, das noch nicht in allen Einzelheiten feststeht.

Die Kläranlage von Nakel bietet noch ein besonderes Interesse dadurch, daß die Siebstoffe nicht abgestreift oder abgebürstet werden, sondern durch Druckluft abgeblasen werden. Die Vorteile des Verfahrens fallen sofort in die Augen. Es ist ausgeschlossen, daß die Stoffe auf dem Siebe zerrieben werden, das Sieb wird in gründlicher Weise gereinigt, und die Stoffe werden vor allen in sehr trockenem Zustande gewonnen. Allerdings verteuert die Verwendung der Druckluft den Betrieb. Es kommt daher darauf an, eine Abblasevorrichtung zu konstruieren, die bei einer einwandfreien Wirkung möglichst wenig Luft verbraucht. Schneidenförmige Düsen haben sich in Nakel nicht bewährt. Besser sind kreisrunde Öffnungen an der Sohle einer Röhre, die über das Sieb hin und her bewegt wird, senkrecht zu dessen Bewegungsrichtung.

Die dritte Konstruktion, die es ermöglicht, die abgelagerten Stoffe sofort aus dem Wasser zu heben und außerhalb abzustreifen, ist die Siebscheibe oder Separatorscheibe von Riensch, wie sie u. a. in der Versuchsanlage in Dresden verwendet wird (Fig. 2 auf Tafel II).

Hier passiert das Abwasser ein rotierendes, rundes, durchschlitztes Messingsieb von 2 mm weiten Öffnungen. Das Sieb ist schräg gestellt unter einem Winkel von 15°, so daß die eine Hälfte sich außerhalb des Wassers befindet.

Die Abstreifung der Siebstoffe geschieht durch Bürsten, die in einer dem Siebe parallelen Ebene rotieren und die Stoffe in einen Elevator gelangen lassen.

Riensch hat diese Konstruktion bei der Anlage in Graudenz noch verbessert. Die Scheibe trägt hier einen konzentrischen Kegelstumpf, dessen Mantelfläche auch als Sieb ausgebildet wird und von einer besonderen Bürste gereinigt wird. In der verlängerten Mantelfläche sind Speichen angeordnet, die die Stabilität der Konstruktion erhöhen.

Es ist zu vermeiden, daß das Wasser auf das Sieb auffällt, besser ist es, wenn das Sieb in ein Gerinne eingebaut wird, das vom Abwasser mit nicht zu großer Geschwindigkeit etwa 0,1 m/sec. durchflossen wird.

Immerhin haftet solchen Sieben der — wenigstens theoretische — Mangel an, daß die Stoffe, die sich auf der Seite ablagern, wo die gereinigte Siebfläche in das Wasser eintritt, den ganzen Wasserstrom teilweise der Strömung entgegensetzt, so daß durch den Wasserdruck eine Zertrümmerung wahrscheinlich wird. Außerdem findet das Wasser, das ankommt, nicht überall eine gereinigte Fläche vor. Dieser Nachteil kann durch Erhöhung der Siebgeschwindigkeit verringert werden. Dagegen haben Siebscheiben den Vorteil, daß sie eine elliptische Gestalt des Gerinnes erfordern, die sich der Eiform des Kanals besser anpaßt, als der rechteckige Querschnitt, den ein Siebband verlangt. Die Abstreifung der Siebstoffe durch Bürsten ist nicht vorteilhaft, wenn das Abwasser Fäkalien enthält, denn diese werden dann auf dem Siebe breitgerieben, in die Öffnungen hineingeschmiert und gelangen so zum Teil in den Auslauf. Die bedeutend bessere, aber meist teuere Entfernung mit Druckluft läßt sich bei einer solchen Scheibe schwieriger anordnen als bei Bändern oder Trommeln.

Versuche mit engmaschigen Sieben sind von Metzger in Bromberg ausgeführt worden, sind aber noch nicht abgeschlossen (Techn. Gemeindeblat, Jahrgang 9).

Die bisherigen Ergebnisse der Metzgerschen Versuche sind:

1. die Siebfläche muß bei gleichen Wassermengen umsogrößer sein, je konzentrierter das Abwasser ist, bezüglich je mehr Bestandteile es hat, deren Durchmesser den Lochdurchmesser übertrifft. Deshalb ist das Sieb entweder für das Maximum der Verunreinigung zu bemessen, oder es ist eine veränderliche Geschwindigkeit vorzusehen;

2. die Menge der Rückstände, also die Wirksamkeit der Siebe, wird durch die Siebgeschwindigkeit nicht beeinflußt.

Diese letztere Tatsache ist sehr wertvoll; denn sie erlaubt, an Siebfläche durch eine größere Geschwindigkeit erheblich zu sparen. So betrug nach Metzger bei einer Geschwindigkeit von 2 bis 3 mm/sec. die erforderliche Siebfläche nur $^1/_{100}$ der bei ruhendem Siebe erforderlichen Fläche.

Bei Versuchen mit Sieben, die in Hamburg angestellt wurden, hat man das Schmutzwasser gegen das Sieb gespritzt. Doch tritt hierbei naturgemäß eine große Zertrümmerung ein; die Versuche haben also nicht befriedigt. Das Verfahren ist außerdem außerordentlich unsauber.

Jedenfalls haben alle bisher ausgeführten Siebanlagen die Aufgabe, schlammbildende Stoffe auszuscheiden, nur unvollkommen gelöst, teils deshalb, weil am Siebe eine zu große Zertrümmerung erfolgte, teils deshalb, weil die Maschenweite zu groß gewählt war.

Das kleinste bisher gewählte Maß ist $1^1/_4$ mm in Wiesbaden.

Der Durchmesser der schlammbildenden Stoffe ist aber, wie Bredtschneider festgestellt hat, meist kleiner als 1 mm. Wenn also die Stoffe nicht in Konglomeraten ankommen, sondern in sehr zerriebenem Zustande, z. B. bei langen Zuleitungskanälen mit starkem Gefälle, Krümmungen, eingebauten Kaskaden usw., hinter Pumpstationen, oder bei Verwendung von Spülklosetten mit engem Abflußrohr ($\Phi < 10$ cm), so kann selbst bei den kleinsten jetzigen Sieben kein befriedigendes Resultat erreicht werden.

Siebe von noch kleinerer Maschenweite herzustellen, ist zwar möglich; ob sie sich bewähren werden, ist ungewiß, denn die feinen Drähte oder Bleche, die dann verwendet werden müßten, würden den Säuren im Abwasser wenig Widerstand leisten und von den reinigenden Bürsten rasch durchscheuert werden..

Man könnte die Siebe zwar abspülen, anstatt sie abzukehren; dadurch wird aber wieder der Wassergehalt des Schlammes erhöht, und man würde so auf einen Hauptvorteil der Siebe verzichten. Eine einwandfreie Beseitigung der Stoffe ist hier nur mittels der teueren Druckluft möglich. Die Siebe aus kräftigen Blechen mit größerem Abstande der einzelnen Löcher auszubilden, ist unmöglich, ohne wiederum den Stau, der bei engmaschigen Sieben ohnedies sehr groß ist, noch zu erhöhen.

Die Befürchtung, daß der Fettgehalt des Abwassers die Wirksamkeit der Siebe beinträchtigen könne, fand Verfasser nirgends bestätigt; Siebe von $1^1/_2$ mm Lochweite halten einen Teil der Fettstoffe zurück. Ein großer Teil gelangt aber auch durch solche feine Maschen hindurch in den Vorfluter. Man hat das in Marburg und Mannheim zugelassen, da die Fettstoffe von den Fischen sehr schnell verzehrt werden.

Dagegen wirken Haare, Wollfasern und Schweinsborsten auf die Wirksamkeit der Siebe sehr nachteilig ein, indem sie die Abstreifung der Schmutzstoffe erschweren.

Bei Ausführung feinmaschiger Siebe ist mit Rücksicht auf deren große Empfindlichkeit vor diesen stets ein Rechen von höchstens 15 mm Stababstand und bei sandhaltigem Abwasser auch ein Sandfang anzuordnen. Denn die Stoßwirkung ankommender grober Sperrstoffe verbiegt das Feinblech oder die Drähte, und Sandkörner bewirken, wenn die Reinigung durch Bürsten erfolgt, ein Ausscheuern des Bleches, bezüglich ein

Einklemmen und seitliches Ausbiegen der Drähte, besonders, wenn die Siebstoffe durch Kämme abgehoben werden.

Siebe in Verbindung mit Schlammfanganlagen werden entweder in den Zuleitungskanälen oder in den Schlammfängen selbst angeordnet.

Siebe vor Schlammfängen finden sich nur bei wenigen Anlagen z. B. in Marburg. Der Vorteil einer solchen Anlage ist, daß ein Teil des Schlammes in wasserärmerem Zustand gewonnen wird; dafür aber werden durch die Schlammablagerungen an verschiedenen Stellen der Anlage die Betriebskosten erhöht.

Siebe vor Becken wirken ferner nachteilig, wenn sie Konglomerate von schwereren und leichteren Stoffen zertrümmern und so das Absetzen der leichteren Bestandteile erschweren.

Endlich ist von einer solchen Anlage auch keine Verminderung der Beckenzahl zu erwarten. Denn da es hierbei die Aufgabe der Becken ist, gerade die feinsten Stoffe, die die Siebe passiert haben, zurückzuhalten, so muß die Geschwindigkeit in den Becken, von der ihr Querschnitt abhängt, möglichst niedrig bemessen werden und die Länge möglichst groß.

Erreicht wird nur, daß sich in den Becken weniger Schlamm absetzt. Daß es aber billiger ist, den Schlamm aus den Sieben als aus den Becken zu entfernen, ist nicht erwiesen. Man kann im Gegenteil durch zweckmäßigen Ausbau der Becken und Schlammkanäle, wie im folgenden beschrieben, einen selbständigen Schlammabfluß bewirken.

Dagegen werden Siebe sehr oft in den Absitzbecken angeordnet.

Siebe am Einlauf haben denselben Nachteil wie Siebe vor dem Becken. Sie befördern zwar die gleichmäßige Verteilung des Wassers über die Beckenbreite, müßten aber so häufig gereinigt werden, daß der Beckenbetrieb gestört würde.

Dagegen sind feine Siebe von einer Durchflußweite von $1^1/_2$ bis 3 mm unmittelbar vor dem Auslauf zweckmäßig, um alle schwebenden Stoffe, die weder durch Tauchbretter, noch durch Absitzen ausgeschieden worden sind, zurückzuhalten, insbesondere aber auch gärende, aufsteigende Schlammteile.

Da die Zahl solcher Schwebstoffe gering ist, so wird man das Sieb während des Beckenbetriebes gar nicht oder nur selten zu reinigen brauchen; dadurch, daß das Sieb als Harfe mit stark gespannten Drähten ausgebildet wird, läßt sich der erzeugte Stau, der der gleichmäßigen Strömung wegen unerwünscht ist, sehr einschränken.

Andere Siebe und Grobrechen am Beckenende haben sich gerade infolge ihres großen Aufstaus in Mannheim nicht bewährt. Bewegliche Konstruktionen sind in diesem Falle mit Rücksicht auf den Beckenbetrieb selbstverständlich ausgeschlossen.

Zu B) Einrichtungen, die Stoffe von einem bestimmten spezifischen Gewichte, das höher ist als das des Wassers, ausscheiden, heißen Schlammfänge.

Es ist mit Rücksicht auf den Betrieb der Kläranlage und auf die Verwertung der Rückstände vorteilhaft, diesen Schlamm nach seiner Beschaffenheit zu trennen und zwar die schwereren, meist mineralischen Stoffe zuerst auszuscheiden in den Sandfängen, und gesondert davon die leichteren, meist organischen Stoffe in Absitzbecken, Absitzbrunnen, Klärtürmen oder Kremerapparaten.

Nur in wenigen und meist kleineren Anlagen oder dort, wo das Abwasser wenig Sand enthält, wie z. B. in einigen rheinischen Städten, Köln, Düsseldorf und Bonn, verzichtet man auf diese Trennung.

Der Schlammfang besteht in diesem Falle meist aus einem Schacht, in dem das Abwasser sich eine bestimmte Zeit aufhält und auf dessen Sohle sich der Schlamm absetzt.

Die Reinigung solcher Schächte während des Betriebes ist schwierig. Mit einem Bagger kann man nicht alles entfernen, es bleiben fäulnisfähige Stoffe zurück, die zu Geruchsbelästigungen führen.

Eine andere Möglichkeit ist, die Sohle konisch zu gestalten mit einer Steigung 1:1 und den Schlamm durch ein Bodenventil während des Betriebes abfließen zu lassen. Hierbei ist jedoch wiederum der Sand hinderlich, der in der Schlammleitung zurückbleibt und diese verstopft. Das Verfahren ist also nur bei sandarmem Abwasser möglich.

Man könnte daran denken, den Schlamm an der Spitze des Kegels mit einem Dampfstrahlgebläse anzusaugen. Solche Apparate haben sich jedoch in Düsseldorf nicht bewährt. Ihr Hauptnachteil ist, daß sie zuviel Wasser mitreißen und im Betriebe nicht zuverlässig sind.

Am besten ist es bei solchen kleineren Anlagen, man läßt den Schlamm sich in einen Eimer auf dem Boden des Schachtes absetzen. Soll dieser gereinigt werden, so wird der Zufluß abgestellt und das Wasser entfernt, dann wird der Eimer gehoben und entleert.

Bei dem Schlammschacht in Bonn befindet sich außerdem noch ein herausnehmbarer Gitterkorb darin, so daß dieser Klärschacht Sandfang, Rechen und Klärbrunnen ersetzt.

Bei größeren Anlagen und sandhaltigem Abwasser sind besondere Sandfänge vorteilhaft, sowie ferner da, wo die Rückstände der Kläranlage verbrannt oder vergast werden, wo feine Siebe angeordnet sind, und wo der Abfluß des Becken- oder Brunnenschlammes selbständig erfolgen soll. Ebenso empfehlen sie sich vor Dükern, um Verschlammungen zu vermeiden.

Ist das Kanalnetz einer Stadt sehr ausgedehnt und das Gefälle vor Leitungen wie z. B. Paris und Köln, so ist es vorteilhaft, Sandfänge auch an besonders günstigen Punkten des Netzes anzuordnen, von wo sich die abgelagerten Stoffe leicht und ohne hohe Kosten entfernen lassen.

Die Ablagerung der Stoffe geschieht durch die Verlangsamung der Geschwindigkeit des ankommenden Wassers. Sie ist bei den ausgeführten Anlagen sehr verschieden, sie beträgt z. B. in Hamburg (alte Anlage) 100 cm/sec, in Aachen nur 1,7 cm/sec, Wiesbaden 50 cm/sec, Mannheim 30 cm/sec, Elberfeld-Barmen 5 cm/sec.

Sollen im Sandfang Ablagerungen fäulnisfähiger, organischer Stoffe möglichst vermieden werden, die zu Geruchsbelästigungen führen, so darf die Geschwindigkeit nicht zu gering bemessen werden. Empfehlenswert ist v etwa = 30 cm/sec, ein Maß, das man in Hamburg nach den bisherigen Erfahrungen für die neue, im Bau begriffene Anlage gewählt hat.

Selbstverständlich geben die obengenannten Zahlen nur Durchschnittswerte an, denn mit der wechselnden Durchflußmenge ändert sich die Geschwindigkeit. Dem hat man in Aachen Rechnung getragen, indem man den Sandfang in mehrere nur 0,57 m breite Abteilungen eingeteilt hat, von denen je nach der Wassermenge mehr oder wenig in Betrieb genommen werden.

Diese Maßregel ist zwar zweckmäßig; man darf jedoch nicht zu weit darin gehen.

Die Wassergeschwindigkeit des ankommenden Kanalwassers beträgt 1 bis 1,5 m/sec. Jedenfalls ist 1 m/sec die unterste zulässige Grenze, wenn Sandablagerungen vermieden werden sollen. Die Sandfanggeschwindigkeit beträgt etwa den fünften Teil davon. Der Sandfang erfordert also nur den 5fachen Querschnitt des Zuleitungskanals. Würde man eine größere Zahl von Abteilungen nebeneinander anordnen, so würden diese sehr schmal ausfallen, die Anlage würde durch die erforderlichen Zwischenwände kompliziert und teuer, außerdem sind schmale Gerinne unter 70 cm Breite schwer zu reinigen.

Ein drei- bis vierteiliger Sandfang ist selbst für große Anlagen genügend. Die weitere Verteilung des Wassers für die Nachklärung in Sieben oder Becken wird, wenn nötig, erst hinter dem Sandfang und Rechen vorgenommen (vgl. Fig. 2 auf Tafel I).

Ungeteilte Sandfänge, wie z. B. die alte Hamburger und die Wilmersdorfer Anlage, sind aus den im ersten allgemeinen Teil erörterten Gründen nicht zu empfehlen. Es ist bei der großen Breite einer solchen Anlage auch kein genügendes Quergefälle anwendbar, die Verteilung des Wassers über die ganze Breite muß durch besondere, fächerartig angeordnete Wände gleichmäßig bewirkt werden, der reinigende Bagger muß nicht nur an der tiefsten Stelle arbeiten, sondern auf der ganzen Breite in verschiedener Höhe und erfordert deshalb eine kompliziertere Konstruktion.

Für die Berechnung des Gesamtquerschnittes ist entweder die Forderung maßgebend, daß fäulnisfähige Stoffe nicht abgelagert werden dürfen. Dann ist die gewöhnliche Abwassermenge bei Trockenwetter zugrunde zu legen. Sollen dagegen die mineralischen Stoffe möglichst ausgeschieden werden, dann ist die größte Wassermenge, wie sie bei Regenfällen in die Anlage gelangen kann, maßgebend.

Im Grundriß wird der Sandfang, abgesehen von besonderen, unten erwähnten Formen, zweckmäßig als Rechteck ausgebildet. Runde Sandfänge mit Mittelpfeiler lassen zwar eine besonders gute Platzausnutzung zu; jedoch ist die Sedimentierung durch die ungleichmäßige Strömung behindert, und die Entfernung der Sinkstoffe stößt auf Schwierigkeiten.

Der Sandfang erhält eine Vertiefung, die die Sinkstoffe aufnimmt. Diese Vertiefung kann im Längsschnitt verschieden ausgestaltet werden.

Meist werden symmetrische Formen, wie in Fig. 16 skizziert, gewählt mit flacher Vertiefung.

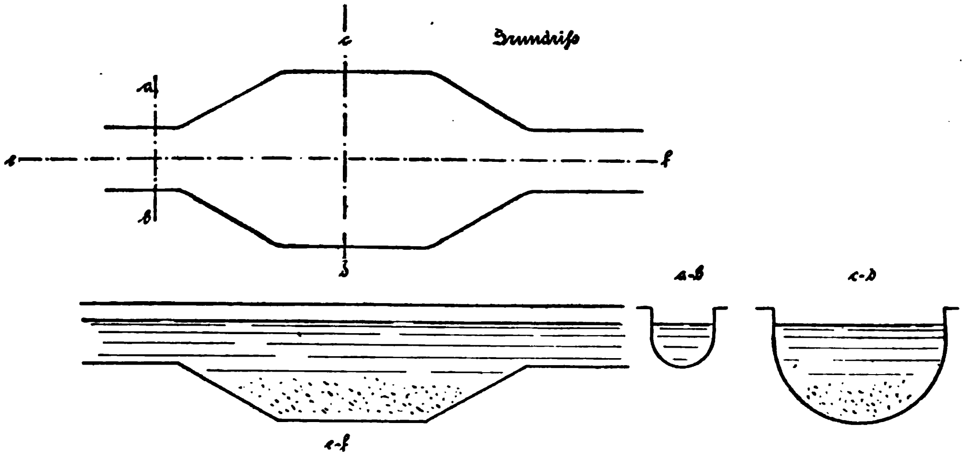


Fig. 16.

Formen, wie sie die Fig. 17 darstellt, sind nicht zweckmäßig, weil sie sich durch Bagger schwer reinigen lassen und zu Geruchsbelästigungen führen. Derartige Sandfänge waren in Dresden und Wiesbaden in Gebrauch, sind jedoch wieder umgebaut worden.

Die Sohle des Sandfangs erhält am besten ebenso wie die der Kanäle einen runden Querschnitt; rechteckige Profile sind ungünstig, weil sich der Schlamm in den Ecken durch Bagger schwer entfernen läßt.

Um zu vermeiden, daß sich im Sandfang schlammbildende, organische Stoffe von geringem spezifischen Gewicht ablagern, empfiehlt sich ein Längsprofil wie in Fig. 18.

Die zur Sedimentierung gelangenden Teilchen bewegen sich von dem Schnitte a — a ab in einer Kurve, die infolge des Wasserwiderstandes flacher ist, als die Wurfparabel, nach unten. Die schwersten Stoffe lagern sich schon auf der ersten geneigten Strecke ab und gleiten durch ihr Gewicht bis auf die Sohle des Sandfangs hinab. Die

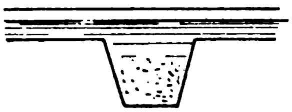


Fig. 17.

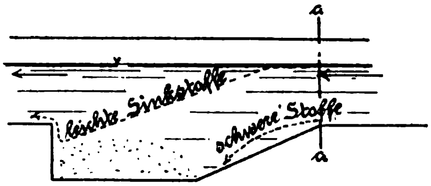


Fig. 18.

leichteren, schlammbildenden Stoffe dagegen, die sich auf einer hinteren, geneigten Fläche noch ablagern würden, werden durch die dort befindliche, senkrechte Wand daran verhindert und durch die hier wieder stärker auftretende Strömung mit fortgerissen.

Ein derartiges Längsprofil ist für den Sandfang in der neuen Charlottenburger Pumpstation vorgesehen.

Dagegen ist für die neue Hamburger Anlage das umgekehrte Längsprofil gewählt, weil man dadurch erreichen will, daß die Sinkstoffe sich möglichst am Fuße des Rechens ablagern, um sie mit diesem zu fördern, was bei dem dortigen Betriebe billiger ist (Fig. 19).

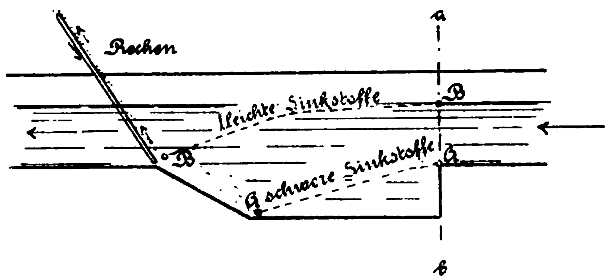


Fig. 19.

Die Reinigung des Sandfangs mit rechteckigem Grundriß, der aus mehreren, parallelen Abteilungen besteht, wird am besten durch einen Eimerkettenbagger bewirkt, der aus dem Abwasser herausgehoben und quer zur Stromrichtung verschoben werden kann und die Stoffe auf ein Querförderband oder in eine geneigte Rinne fallen läßt; so ist man mit einem Bagger imstande, sämtliche Abteilungen zu bedienen.

Bei kleineren Anlagen genügen Greifbagger oder aushebbare Eimer. Letztere erfordern allerdings bei der Entleerung die Unterbrechung des Betriebes.

Besonders bei Anwendung von Greifbaggern würde das Mauerwerk der Sohle leicht beschädigt werden; deshalb ist die Armierung derselben mit einer gußeisernen Platte zweckmäßig.

In einigen Städten sind im Grundriß kreisrunde Sandfänge mit konischer Vertiefung angeordnet; doch ist deren Reinigung schwierig. Den Schlamm an der tiefsten Stelle abzulassen, ist nicht rätlich, weil der Sand schlecht abfließt. Ihn mit einem Dampfstrahlgebläse abzusaugen oder mit einem Kreisel abzupumpen, ebensowenig, weil man dabei sehr viel Schmutzwasser mit fördern muß und dann noch einen besonderen Sandabscheidungsapparat braucht, ein Rohr mit einem sich allmählich erweiternden Querschnitt, wo sich der Geschwindigkeitsverminderung entsprechend die mineralischen Stoffe nach ihrer Schwere getrennt absetzen. Ein solcher Sandabscheider hat sich in Düsseldorf ebensowenig bewährt, wie das Gebläse. Jedenfalls ist der Energieverbrauch bei dieser Beseitigungsart größer, und die Wirkung ist nicht zuverlässig.

Eine eigentümliche Konstruktion, die sich jedoch gut bewähren soll, zeigt die Dresdner Versuchsanlage (Fig. 2 auf Tafel II).

Hier ist in den flachen, runden Sandfang ein zweiter, konzentrischer mit tiefer liegender Sohle eingebaut, der vom Abwasser umflossen wird und dort, wo beide Teile des Stromes zusammentreffen, geöffnet ist, so daß die Sinkstoffe, die durch die plötzliche Geschwindigkeitsverminderung zu Boden sinken, in den kleinen Sandfang hinabgleiten. Von dort können sie durch einen Bagger entfernt werden.

Zum Transport der mit Rechen, Sieben und Baggern geförderten Stoffe werden in den meisten Fällen Förderbänder benutzt, die gewöhnlich aus Eisenplatten bestehen, die durch Scharniere miteinander verbunden sind.

Diese Bänder haben sich jedoch wenig bewährt (Hamburg, Köln) insbesondere erfordern die Scharniere häufig Reparaturen, da sich bei dem Umlauf um die Triebtrommeln Schlammteilchen in die entstehenden Öffnungen festsetzen und auf der geraden Strecke dann ein vollständiges Strecken des Scharnieres unmöglich machen. Dadurch treten Spannungen auf, die Scharniere reißen.

Außerdem gleitet der Schlamm nicht so selbsttätig ab, wie man wünscht, sondern erfordert beständige Nachhilfe durch einen Arbeiter.

Den ersten Übelstand gedenkt man in Köln durch Verwendung lederner Bänder zu beseitigen.

Jedenfalls ist es vorteilhaft, die Transportbänder dort, wo es möglich ist, durch Lowrenbetrieb zu ersetzen, das gilt insbesondere bei großer Länge der Bänder.

Bemerkenswert ist endlich, daß der Fettgehalt des Abwassers das Schmieren der mit ihm in Berührung kommenden maschinellen Teile unnötig macht.

Unter den Anlagen zur Ausscheidung organischer, schlammbildender Stoffe aus dem Abwasser stehen die Absitzbecken oben an; das sind Flachbecken, die das Abwasser mit sehr geringer Geschwindigkeit durchströmt, oder in denen es — was allerdings nur bei kleineren Anlagen der Fall ist — eine gewisse Zeit ruhig steht.

Durch die große Verminderung der Geschwindigkeit ist es möglich, den weitaus größten Teil der suspendierten Stoffe auszuscheiden. In Frankfurt a. M. konnte man bei sehr konzentriertem Abwasser (1300 mg/l suspendierte Stoffe) eine Ausscheidung bis zu 90 % erzielen. Dagegen waren in der Versuchsanlage zu Köln selbst bei zwölfstündigem Stehen im Sedimentierkasten 17 %, in Chemnitz sogar bei 24stündigem Stehen 26 % nicht zum zu Ausscheiden bringen, in den beiden Versuchsbecken waren diese Prozentsätze natürlich noch größer. Beide Abwässer sind verhältnismäßig wenig konzentriert und enthalten etwa 300 mg/l suspendierte Stoffe. Doch war in Köln und Chemnitz der Gehalt des geklärten Abwassers an suspendierten Stoffen geringer infolge eines zweckmäßigen Baues des Beckens. Er betrug in Köln noch 88 mg/l und in Chemnitz 100 bis 120 mg/l gegen 120 bis 160 mg/l in Frankfurt a. M.

Der Vorgang bei der Sedimentierung ist folgender (Fig. 20):

Ein Teilchen A, das oben in das Becken eingetreten ist, wird unter dem Einfluß der Geschwindigkeit v und der durch die Schwerkraft G erzeugten Fallgeschwindigkeit eine Kurve durchlaufen, die zunächst eine Parabel ist, sich aber mehr und mehr einer Geraden nähert und schließlich in diese übergeht, wenn die Verzögung durch den Wasserwiderstand, die mit der senkrechten Geschwindigkeitskomponente des Teilchens wächst, der Beschleunigung durch die Schwere gleichkommt.

Die Sedimentierung wird umso rascher erfolgen; je kürzer der Weg des Teilchens A bis zur Sohle ist, also wenn:

1. der Winkel α möglichst groß, v also möglichst klein ist;
2. die Wassertiefe gering ist;
3. die Sohle nach dem Ablauf zu steigt;
4. Wirbel vermieden werden, die das Teilchen in seinem Laufe stören.

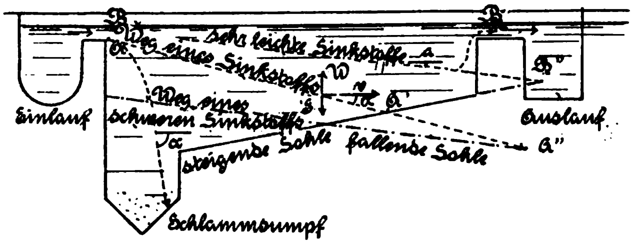


Fig. 20.

Endlich ist zu sehen, daß je leichter das Teilchen ist, und je kleiner deshalb der Winkel ist, desto länger das Becken sein muß, weil sonst das Teilchen die Sohle nicht erreicht und mit fortgerissen wird.

Auf Grund dieser Erwägungen sind die Becken auszugestalten und zu berechnen.

Der Grundriß des Beckens ist mit Ausnahme der Versuchsanlage in Chemnitz rechteckig. Das Verhältnis der Länge zur Breite, das man früher nach dem Vorbild englischer Anlagen meist etwa zu $2^1/_2 : 1$ annahm, genügt nicht, wenn das Wasser die Becken durchströmt, wie das meist der Fall ist. Vielmehr empfiehlt es sich, teils um den schädlichen Einfluß der Wirbel am Einlauf auszugleichen, die sich kaum vermeiden lassen, teils um auch die feineren Sinkstoffe zum Absitzen zu bringen, das Becken sechs- bis zehnmal so lang zu machen, wie es breit ist. Die Zahlen für die bedeutendsten, deutschen Anlagen sind:

Frankfurt	$8 : 41,40$	$= \frac{1}{5^1/_8}$
Kassel	$4,25 : 40$	$= \frac{1}{9,4}$
Mannheim	$5 : 48$	$= \frac{1}{9^3/_5}$
Hannover	$6,5 : 40$	$= \frac{1}{7,7}$
Bremen	$20 : 160$	$= \frac{1}{8}$
Solingen	$7 : 45$	$= \frac{1}{6^3/_7}$
Trier	$6 : 100$	$= \frac{1}{17}$
Gießen	$2,5 : 40$	$= \frac{1}{16}$

Der Querschnitt der Becken, der bei den früheren Anlagen ein einfaches Rechteck war (vgl. hierzu die englischen Anlagen, Fig. 26 und 33 a und b), gleicht bei den neueren Anlagen dem Querschnitt eines Schiffsrumpfes. Durch das Quergefälle nach der Mitte zu erreicht man, daß der Schlamm nach einer Mittelrinne abfließt.

Dieses Quergefälle muß sehr groß sein (in Frankfurt $1 : 3$), daher auch die meist schmale Gestalt bei neueren Ausführungen. Bei geringem Gefälle werden die Reibungswiderstände zwischen der dünnen Schlammschicht und der Sohle beziehentlich der darüberliegenden Trübwasserschicht zu groß.

Dadurch, daß alle modernen Anlagen ein Längsgefälle besitzen, wird bei rechteckigem Grundriß der Querschnitt variabel, die gleichmäßige Strömung wird dadurch gestört. Das vermeidet die Chemnitzer Anlage, indem sie durch einen trapezförmigen Grundriß einen konstanten Querschnitt bei ansteigender Sohle ermöglicht.

Eine solche Maßregel ist nur dann zweckmäßig, wenn der Eintritt des Wassers in das Becken auf der ganzen Breite erfolgt. Andernfalls würden sich, wie skizziert (Fig. 21), neben dem Einlauf tote Ecken bilden, und das Wasser würde sich tatsächlich nur auf der schraffierten, trapezförmigen Fläche in Strömung befinden, so daß eine Verbreiterung nach dem Auslaufe zu unnötig ist.

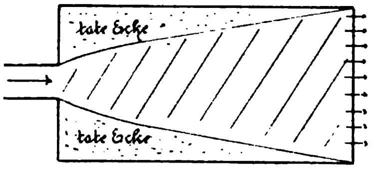


Fig. 21.

Bei ältern Anlagen gab man der Sohle eine Steigung nach dem Auslaufe zu. Die Versuche in Köln und Chemnitz haben jedoch bewiesen, daß die umgekehrte Steigung bedeutend vorteilhafter ist, denn der Schlamm setzt sich zum größten Teil unmittelbar hinter dem Einlauf ab, so daß bei fallender Sohle solche Ablagerungen den nutzbaren Durchflußquerschnitt verringern würden. Die Menge des abgelagerten Schlammes nimmt nach dem Auslaufe zu sehr rasch ab, der Schlamm wird feiner und wässeriger.

Den Verlauf dieser Sedimentierung zeigt die von Steuernagel aufgezeichnete Sedimentierungskurve, die man erhält, wenn man in einem rechtwinkligen System die Zeiten als Abszissen, die Stärken der Ablagerung als Ordinaten aufträgt (vgl. die Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung; Technisches Gemeindeblatt, 6. Jahrgang, vgl. Fig. 31 Seite 43).

Diese Sedimentierungskurve, die naturgemäß für jedes Abwasser verschieden ist, würde auch ermöglichen, die Sohle des Beckens so zu gestalten, daß die Oberfläche der gesamten Ablagerung im Becken horizontal verläuft, so daß der nutzbare Durchflußquerschnitt immer erhalten bleibt. Das würde natürlich eine Kurve ergeben.

Man begnügte sich mit einer Annäherung und wählte in Köln eine Steigung von 1 : 50, während man für die neue Anlage in Heinersdorf bei Chemnitz 1 : 33 in Aussicht genommen hat.

Um die Schlammablagerung beziehentlich den selbständigen Schlammabfluß günstig zu beeinflussen, sind in einigen Anlagen noch besondere Vorkehrungen getroffen.

Ein selbständiger Abfluß des Beckenschlammes, der meist 90 % Wasser enthält, wird erreicht durch ein starkes Längsgefälle des Beckens.

In Frankfurt a. M. erhielten die Becken ein sägeförmiges Längsprofil mit der Steigung 1 : 10, der Schlammabfluß wird durch Verkleidung des Beckes mit glasierten Fließen erleichtert. Erforderlichenfalls kann noch durch einen Wasserstrahl nachgeholfen werden (Fig. 22):

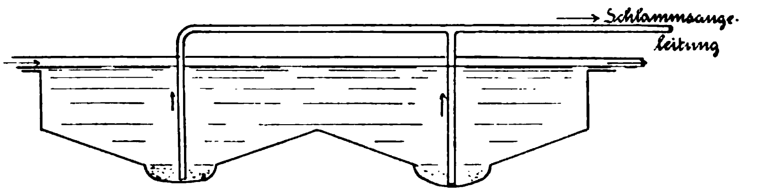


Fig. 22.

An den tiefsten Stellen des Längsprofiles befinden sich zwei Pumpensümpfe zur Absaugung des Schlammes. Eine ähnliche Anlage ist für München-Gladbach geplant.

Eine derartige Anordnung empfiehlt sich dann, wenn es sich in erster Linie um eine möglichst vorteilhafte Schlammbeseitigung handelt. Wenig berücksichtigt sind aber hierbei die Ergebnisse der Steuernagelschen Versuche. Aus diesem Grunde ist bei den Klärbecken in Elberfeld, die, ähnlich wie in Frankfurt, zwei Schlammsümpfe besitzen, der vordere bedeutend länger als der hintere, weil in diesem verhältnismäßig wenig Schlamm von feiner und sehr wässeriger Beschaffenheit sich ablagert. Wenn das Hauptgewicht auf eine möglichst gründliche Klärung gelegt wird, was wohl bei ungünstiger Vorflut überall der Fall ist, dann ist der Schlammsumpf unmittelbar hinter dem Einlauf anzuordnen. Denn der dicke Schlamm, der bestrebt ist, sich hier niederzuschlagen, würde sonst einen Teil der Anlage durchfließen müssen und auf diesem Wege die Sedimentierung der feineren Teile hindern.

Eine Steigung von 1 : 10 für die Sohle, die den selbständigen Abfluß der Schlammschicht stets ermöglicht, verbietet sich hierbei freilich mit Rücksicht auf die Länge des Beckens, und es wird oft nötig, durch Nachhilfe mit Holz- oder Kautschukschüppen den Schlammabfluß zu beschleunigen. Um den Arbeitern diese wenig angenehme Arbeit zu ersparen, soll in Merzig (Rheinland) ein Schlammkehrwagen benutzt werden, der mit einer Gummiplatte versehen ist, die den Schlamm vor sich herschiebt und zu diesem Zwecke nach der Gestalt des Profils ausgeschnitten ist.

Es ist ferner vorteilhaft, die Beckensohle in der Mitte zu einer Rinne zu vertiefen, in der der Schlamm nach dem Schlammsumpfe gelangt. Dies empfiehlt sich besonders bei sehr langen Becken, die nur ein geringes Längsgefälle erhalten können. Hier fällt die Sohle der Schlammrinne am Auslauf mit der Beckensohle zusammen, während sie am Einlauf etwa in halber Höhe zwischen Becken- und Schlammsumpfsohle endigt.

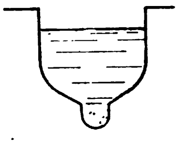


Fig. 23.

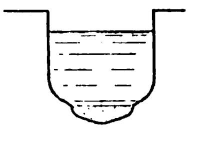


Fig. 24.

In einer solchen Rinne fließt der zu einem starken Schlauche zusammengedrängte Schlammstrom besser ab, als wenn er sich auf einen breiten Streifen der Beckensohle verteilt, daher ist Fig. 23 besser als Fig. 24.

Die Abwärtsbewegung des Schlammes in der Rinne stört allerdings das darüberströmende Abwasser in seiner gleichmäßigen Geschwindigkeit, und zwar umsomehr, je breiter die Berührungsfläche ist.

Diesen Übelstand vermeidet das Becken nach Patent Imhoff, das gleichzeitig noch einen wesentlichen andern Vorteil bietet. Hier wird die Rinne durch zwei wenig geneigte Wände von dem vom Abwasser durchströmten Teil des Beckens getrennt. Durch eine schmale Spalte zwischen beiden Wänden fällt der Schlamm in die Rinne hinab. Da er hier längere Zeit lagern und faulen soll, wodurch eine 10 prozentige Verringerung seines Volumens erreicht wird, muß die Rinne einen geräumigen Querschnitt erhalten. Ein Aufsteigen von gärenden Schlammteilchen ist wegen der Enge des Spaltes ausgeschlossen. Daher wird die Sedimentierung im oberen Teile nicht gestört, und der Faulungsprozeß kann nicht auf das frisch eintretende Wasser übertragen werden.

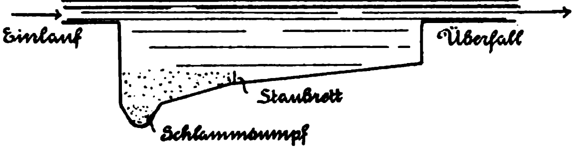


Fig. 25.

Um die Schlammablagerungen möglichst auf den vorderen Teil zu beschränken; hat man bei der Versuchsanlage in Chemnitz mit Vorteil auf der Sohle Staubretter angeordnet (Fig. 25).

Bei der skizzierten Anordnung der Sohle war hinter dem ersten Staubrett fast gar keine Ablagerung zu merken. Bei der Reinigung werden diese Bretter selbstverständlich gehoben.

Der Schlammsumpf am Einlauf ist, wenn die Beseitigung des Schlammes während des Beckenbetriebes erfolgen soll, mit steil geneigten Wänden, am besten 1:1 anzulegen, weil sonst der Schlamm gar zu wässerig wird. Die Sohle wird etwa 1,5 bis 2,5 m tiefer als die Beckensohle angelegt und erhält nach der Stelle, wo sich das Ableitungsrohr oder das Ablaßventil für den selbständigen Abfluß befindet, ein Quergefälle.

Einen ununterbrochenen Sedimentierbetrieb, d. h. die Beseitigung des Schlammes während des Betriebes der Becken, sieht auch der Vorschlag von Knipping vor (Deutsche Bauzeitung 1906).

Knipping verzichtet auf den Schlammkanal am Einlauf und die ansteigende Sohle nach dem Vorbild von Köln, sondern bildet die Sohle des nur 8 bis 10 m langen Beckens als Pyramide mit stark geneigten Seitenflächen aus, von dessen tiefster Stelle der dünnflüssige Schlamm in einen Brunnen fließt, in dem er ebenso hoch steht, wie das Wasser in den Becken, so daß an Pumparbeit gespart wird. Aus dem Brunnen kann dann, vorausgesetzt, daß kein Faulen und Auftreiben des Schlammes stattfindet, das obenstehende Wasser abgelassen werden, und zwar, wenn es genügend klar ist, in den Auslauf, besser aber in den Einlauf, um nochmals das Becken zu passieren.

Die Becken nach dem Knippingschen Vorschlag haben den Nachteil, daß der sich am Einlaufe ausscheidende Schlamm den nutzbaren Querschnitt verringert und gezwungen wird, die Hälfte des Beckens zu durchfließen, was für die Sedimentierung kein Vorteil ist.

Auch die im folgenden besprochenen Schwimmerarme (Fig. 26 und 33 a und b), die in England viel zum Ablassen des Wassers aus den Becken verwendet werden, könnten zur Schlammentfernung während des Betriebes benutzt werden, wenn der schwimmende Arm beschwert wird, so daß er bis fast an die Sohle hinabsinkt. Jedoch dürfte der geförderte Schlamm sehr wasserhaltig sein, ferner würde man durch die Bewegung des Armes die Sedimentierung stören. Das gleiche gilt von der Einrichtung in Heywood (vgl. Mitteilungen der kgl. Versuchsanstalt, Heft 3), wo der Schlamm durch eine horizontale, durchlochte Röhre abgesaugt wird, die mittels Zahnstange und Vorgelege über die Sohle des Beckens bewegt wird (Fig. 26).

Der kontinuierliche Betrieb hat den großen Nachteil, daß der Schlamm in sehr dünnflüssigem Zustande gewonnen wird.

Mit Ausnahme weniger Fälle, z. B. da, wo der Schlamm auf Felder gepumpt wird, wie in Mannheim oder Birmingham, ist gerade auf die Gewinnung eines möglichst wasserarmen Schlammes Wert zu legen.

Der beim kontinuierlichen Sedimentierbetriebe gewonnene Schlamm muß entweder in besonderen Schächten weiter entwässert werden, oder die Kosten für das Trocknen werden, wenn dies in Pressen, Zentrifugen oder durch Verdampfen vorgenommen wird, sehr hoch.

Dieser Nachteil scheint den Vorteil eines derartigen Betriebes, daß die Pause zwischen zwei Reinigungen des Beckens länger sein kann, zu überwiegen. Denn von den neueren, bedeutenden Anlagen in Deutschland wird nur in der Kläranlage zu Elberfeld-Barmen der Beckenschlamm während des Betriebes entfernt.

Von größter Bedeutung für einen rationellen Beckenbetrieb ist, daß die Geschwindigkeit des Abwassers gleichmäßig ist, und alles vermieden wird, was störend wirken könnte.

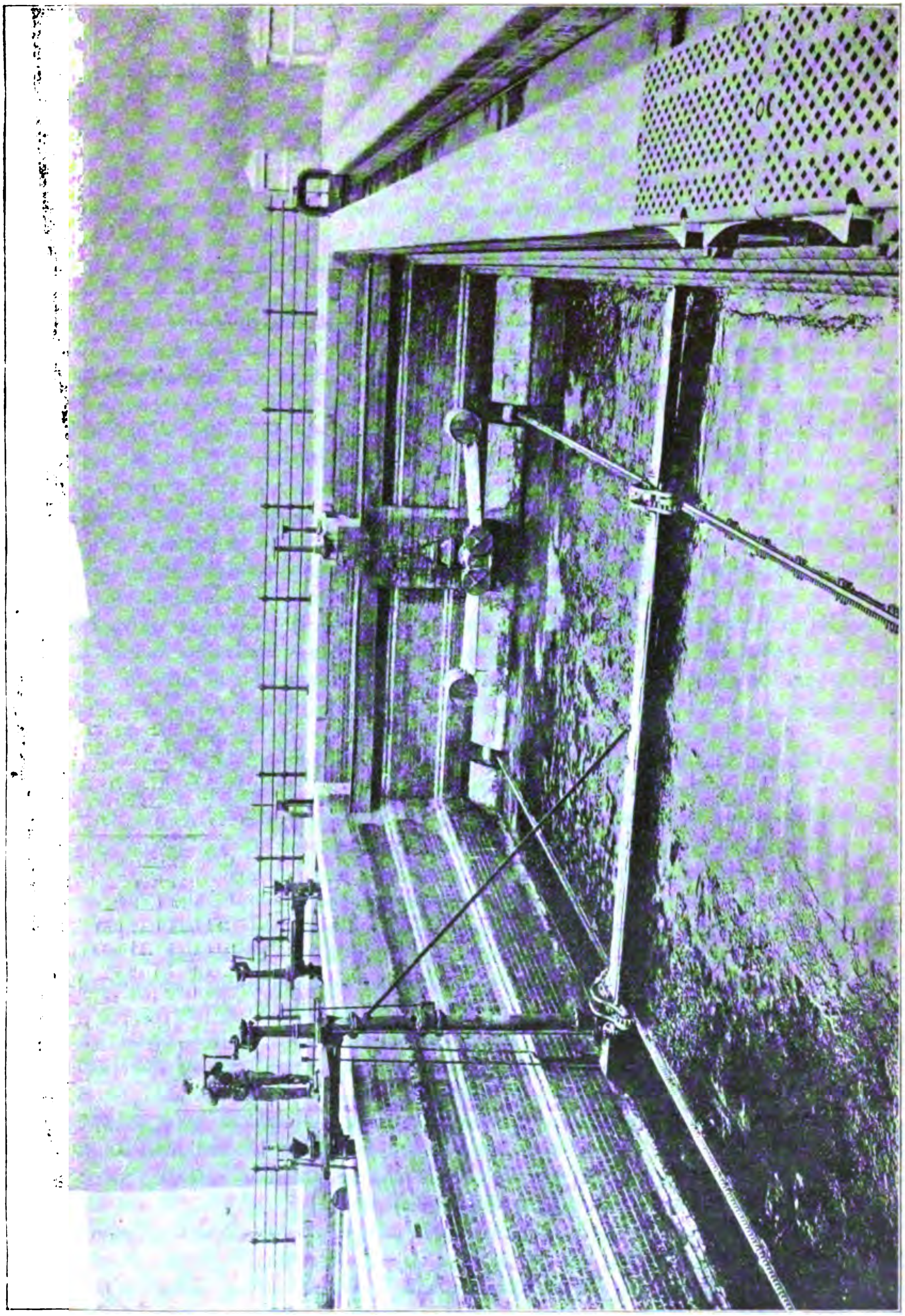


Fig. 26. Becken in Heywood mit Schlammabsauger und Schwimmerarmen.

Insbesondere sind dies Wirbel, die sich am Ein- und Auslauf bilden, wenn das Wasser nicht auf der vollen Breite ein- und austritt. Das beste für den Ein- und Auslauf sind deshalb verstellbare Klappenwehre. Abflußtrichter am Auslauf sind weniger zu empfehlen.

Schädlich ist ferner der Einfluß des Windes bei unverdeckten Anlagen. Hiergegen empfehlen sich Eintauchwände, die das gewöhnliche Niveau um etwa 25 cm überragen (Bremen).

Die gleichmäßige Geschwindigkeit wird auch durch gärende, auftreibende Schlammmassen und durch die damit verbundene Gasentwicklung gestört.

Daher soll das Becken — was ohnedies schon aus andern Gründen nötig ist — gereinigt werden, sobald solche Faulungserscheinungen auftreten.

Von großer Bedeutung für die Sedimentierung ist, daß das eintretende Wasser dieselbe Temperatur hat, wie der Beckeninhalt. In kühleren Jahreszeiten, wo namentlich bei ungedeckten Anlagen der Zufluß wärmer ist, verläuft die Sedimentierung nicht in der in Fig. 20 geschilderten Weise, sondern es schiebt sich, wie die Untersuchungen von Schmidt in Oppeln gezeigt haben, das zufließende wärmere Wasser über den kalten Beckeninhalt hinweg. Dadurch wird natürlich die Wirkung der Anlage bedeutend herabgesetzt.

Um das eintretende Wasser über die ganze Breite gleichmäßig zu verteilen, und um die Geschwindigkeit auszugleichen, sind in Köln hinter den Schlammfängen Stromregulierungsschützen aus Holz eingebaut, wodurch der Zustrom gedrosselt werden kann.

Es empfiehlt sich, durch Schwimmer mit verschiedener Einsenkungstiefe, die mit einem selbstregistrierenden Apparat und eventuell mit einer Alarmklingel verbunden sind, die Geschwindigkeit beständig zu überwachen und am Ein- und Auslauf Schieber anzuordnen, um die Höhe des Wehrs und damit die Geschwindigkeit im Becken regulieren zu können.

Der Schlamm kann aus dem Becken entfernt werden:

a. durch Pumpen,
b. durch Baggern,
c. durch selbständigen Ablauf mit natürlichem Gefälle,
d. durch besondere Vorrichtungen.

Zum Herauspumpen des Schlammes aus dem Schlammsumpf haben sich gewöhnliche Kolbenpumpen oder Zentrifugalpumpen weniger bewährt als Vakuumapparate.

Diese nehmen jedoch viel Platz ein und erfordern viel Bedienung. Deshalb hat man jetzt in Hannover, Frankfurt a. M. und Mannheim Membrankolbenpumpen (Firma Bopp und Reuther, Mannheim) aufgestellt und hat damit günstige Erfahrungen gemacht.

Die Entfernung des Schlammes erfolgt entweder so, daß er nach einem Schlammbrunnen abfließt, von dem aus er gehoben wird, oder der Saugkorb der Pumpenleitung liegt direkt in dem Schlammsumpf des Beckens.

Eine sehr große Ersparnis an Betriebskosten kann erreicht werden, wenn der Schlamm aus den Becken von selber ohne irgend welche maschinellen Hilfsmittel abfließen kann. Dieser selbständige Abfluß ist jedoch nur dann in befriedigender Weise zu erreichen, wenn der Schlamm keinen Sand enthält.

Der Abfluß kann in geschlossenen Rohrleitungen, in begehbaren Kanälen oder in offenen Gerinnen erfolgen.

Mit einer Störung im Schlammabfluß muß immer gerechnet werden. Das kann insbesondere bei geschlossenen Rohrleitungeu zu Betriebsstörungen führen im Becken

sowohl wie in den angeschlossenen Anlagen, z. B. in den Zentrifugen, die den Schlamm weiter behandeln. Es empfiehlt sich daher, für solche Fälle entweder eine Saugpumpe bereit zu halten oder die Möglichkeit der Spülung vorzusehen. Vorteilhaft ist es jedenfalls, wenn solche geschlossenen Rohrleitungen in begehbaren Kanälen untergebracht werden wie in Elberfeld. Allerdings entstehen hierdurch wieder höhere Kosten.

Erfolgt der Schlammabfluß in begehbaren Kanälen oder offenen Gerinnen, so ist diese Gefahr weniger zu fürchten. Etwa eintretende Stockungen können leicht beseitigt werden.

Das Gefälle, was erforderlich ist, damit der Schlamm von selber abfließt, hängt ab von seinem Wassergehalt und dem Sandgehalt, von der Rauhigkeit der Gerinnewandung und besonders von dem Profil der Abflußleitung; ein Schlammzylinder fließt viel leichter ab, als ein Schlammband. Deshalb sind insbesondere begehbare Schlammkanäle nach Fig. 28 anzulegen und nicht nach Fig. 27.

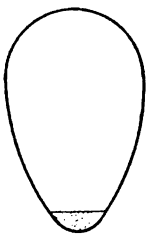


Fig. 27.

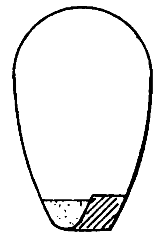


Fig. 28.

Zur Minderung der Rauhigkeit hat man in Bremen anstatt einer gemauerten Sohle Holzlängsbohlen verlegt, allerdings ohne nennenswerten Erfolg.

Für den dünnflüssigen Schlamm, wie er in Klärbrunnen oder bei kontinuierlichem Sedimentierbetrieb der Becken gewonnen wird, genügt schon ein Gefälle von 1:100. Ein solcher Kanal ist in Ohrdruf im Betriebe und erfordert fast nur nach Regenfällen, wo sich Sand in der Leitung absetzt, eine Nachspülung.

Dagegen dürfte für den Abfluß des beim unterbrochenen Beckenbetriebe erhaltenen Schlammes, der 83 bis 90% Wasser enthält, ein Gefälle von mindestens 1:50 zu wählen sein, das sich bei der Schlammrinne auf der Sohle des Mannheimer Beckens bewährt hat und auch bei einigen Neubauten in Aussicht genommen ist. Die geschlossenen Schammleitungen der Elberfelder Anlage liegen sogar in 1:30.

Da jedoch die Verhältnisse an jedem Orte verschieden sind, empfiehlt es sich, das zweckmäßige Gefälle aus Versuchen abzuleiten.

Die Entfernung des Schlammes aus dem Becken durch Bagger ist nicht vorteilhaft, weil dadurch eine gründliche Reinigung, wie sie nötig ist, um das Faulen zu vermeiden, nicht möglich ist. Das Verfahren ist außerdem sehr unsauber.

Eine besondere Vorrichtung, um den Schlamm zu entfernen, ist der Wegnersche Patentwagen, ein fahrbarer Vakuumapparat, mit dem mittels eines Schlauches der Schlamm aus den Becken abgesaugt und zur Verwendungs- oder Trockenstelle gefahren werden kann, so daß besondere Schlammleitungen in der Anlage entbehrlich werden.

In einigen seltenen Fällen hat man mehrere Becken hintereinander angeordnet.

Man erreicht dadurch — ähnlich wie bei der Elberfelder Anlage — eine Trennung des gröberen und feineren Schlammes. Doch dieser Vorteil ist gering. Denn eine getrennte Behandlung des Schlammes würde sich nur bei großen Schlammengen lohnen.

Die Nachteile einer solchen Anlage, hohe Baukosten und teuere Bedienung, sind aber so in die Augen fallend, daß man die Beckenanlagen, die in größeren Städten schon eine bedeutende Ausdehnung erreichen, nicht in dieser Weise erweitern wird.

Übrigens bietet eine solche Anlage, wie sie in Sheffield besteht, wo je drei gleich große und gleichtiefe gefüllte Becken hintereinander angeordnet sind, auch nicht den Vorteil einer besseren Klärleistung. Die dortige Anlage erzielte vielmehr nur 49,3%.

Besser ist der Effekt der Anlage von Viersen, wo durch Verbreiterung der drei hintereinander angeordneten Becken die Geschwindigkeit verringert wird. Der Kläreffekt dieser Anlage ist bedeutend (82 %), sie hat jedoch den Nachteil der sehr schlechten Geländeausnutzung (vgl. Fig. 29).

Würde man dagegen, um diesen Nachteil einzuschränken, die Becken nach Fig. 30 anordnen, so würde wiederum die konstruktive Ausbildung der Ein- und Auslaufgallerie erschwert und die Anlage unübersichtlich werden.

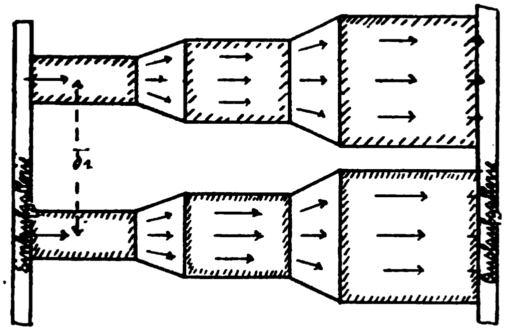


Fig. 29.

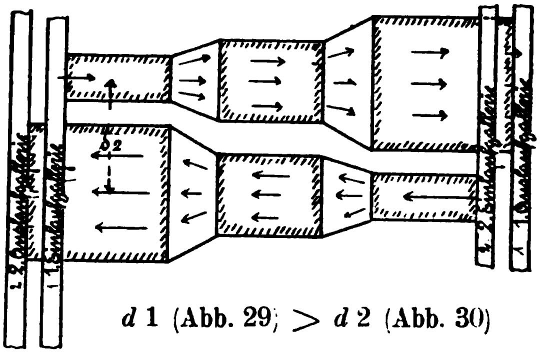


Fig. 30.

Grundlagen für die Berechnung sind folgende:

1. Eine bestimmt zu erreichende Klärleistung, die insbesondere durch die Art des Vorfluters bedingt wird.

2. Die von der Anlage unter normalen Verhältnissen zu bewältigende Abwassermenge. Man ermittelt zweckmäßig das höchste Wasserquantum, das in einer Stunde nach der Anlage gelangen kann entweder direkt durch Messungen, oder man nimmt den achten bis zehnten Teil des Tagesdurchschnitts dafür an und bemißt die Anlage danach. Größere Stöße innerhalb einer Stunde können in dem Becken ausgeglichen werden, da das Wasser sich meist länger als eine Stunde im Becken aufhält. So würde z. B. bei der verhältnismäßig großen Geschwindigkeit von 12 mm/sek. das Wasser ein 43,2 m langes Becken, was etwa dem Durchschnitt entspricht, gerade in einer Stunde durchströmen.

3. Die Geschwindigkeit im Becken.

Während man hier wiederum bei kleineren Anlagen sehr weit gegangen ist und sehr kleine Geschwindigkeiten gewählt hat (in Königstein am Taunus nur 0,5 mm/sek.), gehen größere Anlagen aus ökonomischen Gründen nicht unter 4 mm/sek. herab, das als ein allgemein übliches Maß zu bezeichnen ist. Man ist jedoch neuerdings auf Grund der Steuernagelschen Versuche bestrebt, diese Geschwindigkeit noch zu erhöhen. Steuernagel weist nach (vgl. die Mitteilungen der Königlichen Versuchsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung), daß bei einer Erhöhung der Geschwindigkeit von 4 mm/sek. auf 20 mm/sek. der Kläreffekt von 72,3 % nur auf 68,08 %, also nur unwesentlich zurückgegangen ist. Eine solche Geschwindigkeit von 20 mm/sek. würde jedoch nur den fünften Teil der Becken erfordern, also eine außerordentliche Ersparnis bedeuten.

Außerdem wird bei größerer Geschwindigkeit der Schlamm dickflüssiger, die Kosten für die Entwässerung werden also geringer und die zu fördernden Schlammmengen ebenfalls.

Dagegen haben Versuche in Chemnitz erwiesen, daß es nicht vorteilhaft ist, mit der Geschwindigkeit über 12 mm/sek. hinauszugehen, weil sonst zuviel feine Schlammteilchen in dem Auslauf gelangen, die bei der nachfolgenden Reinigung des Abwassers durch Bodenfiltration den Wirkungsgrad der Filter herabsetzen.

Verfasser hält eine Geschwindigkeit von 20 mm/sek. auch dort für ungenügend, wo die suspendierten Stoffe in zerriebenem Zustande in die Anlage gelangten, was nach dem Passieren von Pumpwerken der Fall ist. So zeigte das Abwasser im Auslauf der Mannheimer Becken noch außerordentlich viel suspendierte Teilchen. Hier dürfte auch der große Fettgehalt des Abwassers die Sedimentierung erschweren. Auch Klosette mit engem Abfluß ($\varphi < 10$ cm) begünstigen die Zertrümmerung der organischen Stoffe.

4. Die Füllhöhe der Becken darf nicht zu groß gewählt werden, weil sonst wie oben erörtert, die Sedimentierungsbedingungen ungünstig werden.

Ausgeführte Anlagen weisen eine Füllhöhe von 0,60 m bis 3 m auf, z. B.

Gießen	1,5 m	Elberfeld-Barmen	2,5 m
Köln	2,0 »	Kempen	0,8 »
Bremen	0,7 »	Kassel	3,0 »
Borbeck	1,0 »	Neuwied	2,0 »
Bottrop	0,85 »	Solingen	1,5 »

Diese Zusammenstellung zeigt, daß hauptsächlich kleinere Anlagen die geringen Füllhöhen bevorzugen, während bedeutendere größere Höhen zulassen, um nicht zuviel Becken anlegen zu müssen.

Mit Rücksicht auf die günstigen Ergebnisse der Kölner Anlage dürfen 2 m noch als zulässig bezeichnet werden.

Die Becken sind jedoch so zu bauen, daß sie unter Umständen eine größere Füllhöhe gestatten.

5. Die Beschaffenheit des Abwassers und sein Verhalten bei der Sedimentierung wird durch Untersuchungen festgestellt, deren Ergebnis in der Steuernagelschen Sedimentierungskurve zusammenfaßt wird (vgl. Fig. 31).

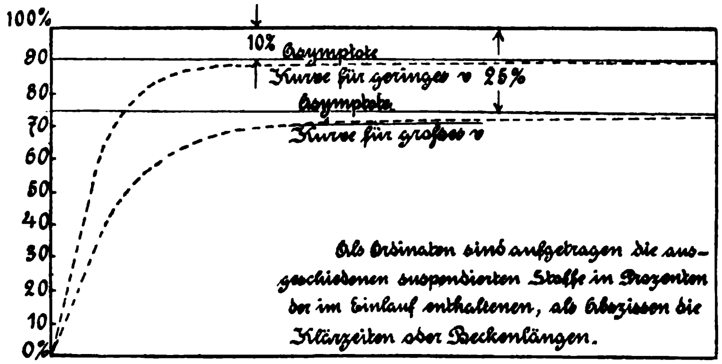


Fig. 31.

Das Bild dieser Sedimentierungskurve fällt bei verschiedenen Geschwindigkeiten und verschiedenen Füllhöhen verschieden aus.

Insbesondere wird die Parallele zur Abszissenachse, der sich die Kurve asymptotisch nähert, bei größerer Geschwindigkeit der Abszissenachse näher liegen. Denn es

gibt für jedes Schlammteilchen eine Grenze der Geschwindigkeit, bei der es sich selbst bei unendlich langen Becken nicht absetzen wird.

Auch die Füllhöhe ist von Einfluß; es ist leicht zu sehen, daß, wenn das Becken erst die Füllung A, B, C, D (Fig. 32) hat und dabei bis zum Schnitt a—a n Teile ausgeschieden sind, bei der doppelten Füllung A_1, B_1, C, D am Schnitt a—a nicht 2 n-Teile ausgeschieden sind, sondern weniger, da die oberen Teile einen längeren Weg bis zur Sohle zurücklegen müssen.

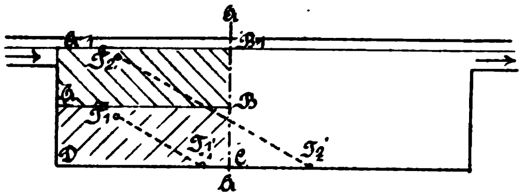


Fig. 32.

6. Das bereits oben erörterte Verhältnis der Breite des Beckens zur Länge ($\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{10}$).

Es ist endlich 7. maßgebend für die Bemessung der Anlage, ob die Nachtwässer innerhalb gewisser Stunden nicht oder wenigstens rascher geklärt werden sollen, und ob bei Regenfällen, wo der absolute Gehalt des Abwassers an organischen Stoffen nicht wächst, während die Wassermenge erheblich steigt, die Anlage außer Betrieb gesetzt werden darf, oder wenigstens die Klärung rascher erfolgen kann.

Die Klärung wird beschleunigt durch Erhöhung der Füllhöhe oder durch eine größere Geschwindigkeit, was durch Regulierungsschieber am Ein- und Auslauf erreicht wird.

Nach Festsetzung des erforderlichen Effektes und Ermittlung der Sedimentierungskurve wird daraus die Klärzeit abgelesen.

Ist nun M die stündlich zu klärende Wassermenge, $m = \frac{M}{3600}$ die durchschnittliche sekundliche Wassermenge, so ist:

1. $Q = \frac{m}{v}$, hierbei ist Q der gesamte Wasserquerschnitt an der flachsten Stelle, v die Geschwindigkeit im Becken.

Ist t die abgelesene Klärzeit, so wird die Länge l des Beckens:

2. $l = v.\ t.$

Mit Hilfe der Verhältniszahl $n = \frac{b}{l} = (\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{10})$ folgt:

3. $b = n.\ l.$

Ist h die vorher festgesetzte Füllhöhe und B die Gesamtbreite des Abwasserstromes in den Becken, so wird

4. $B = \frac{Q}{h}$. Die Anzahl der Becken X ergibt sich:

5. $X = \frac{B}{b}$. Diese durch die Rechnung ermittelte Zahl ist jedoch um einen bestimmten Betrag zu erhöhen, damit einzelne Becken zur Reinigung oder Reparatur außer Betrieb gesetzt werden können. Da im ungünstigsten Falle ein Becken alle fünf Tage gereinigt werden muß, und die Reinigung etwa einen Tag Zeit erfordert, wird man gut tun, die ermittelte Anzahl X noch um mindestens 20 % zu erhöhen.

Beträgt in einer Anlage die größte stündliche Wassermenge 3600 cbm, die Füllhöhe $h = 1$ m und $v = 10$ mm/sek., die Klärzeit t 1 Stunde, und soll sich Beckenbreite zur Länge wie 1 : 10 verhalten, so würde:

$$1.\ Q = \frac{m}{v} = \frac{3600}{3600} \cdot \frac{1}{0{,}01} = 100 \text{ qm}$$

2. $l = v \cdot t = 0{,}01 \cdot 3600 = 36$ m

3. $b = \frac{l}{n} = \frac{36}{10} = 3{,}60$ m

4. $B = \frac{Q}{h} = \frac{100}{1} = 100$ m

5. $X = \frac{B}{b} = \frac{100}{3{,}6} = 28.$

Es würden also 28 Becken und mit Rücksicht auf eine jeden fünften Tag erfolgende Reinigung eines Becken 34 ($= 28 \cdot [1 + \frac{1}{5}]$) Becken nötig sein. Sollten die Becken sehr schmal werden, so ist für $n = \frac{b}{1}$ ein größerer, noch innerhalb der zulässigen Grenzen liegender Wert anzunehmen.

Werden die Nachtwässer nicht geklärt, so kann eventuell, wenn die Zeit reicht, die Reinigung in der Nacht erledigt werden, und es würde selbst für größere Anlagen höchstens ein Reservebecken erforderlich sein.

Über die Zeit, die bei dem unterbrochenen Sedimentierbetrieb zwischen zwei Reinigungen liegen darf, gehen die Ansichten auseinander.

Das liegt jedoch zum Teil daran, daß bei jeder Anlage die Verhältnisse anders sind.

Während man in Hannover im Sommer alle zwei bis drei Tage eine Reinigung vornimmt, ist es nach Bredtschneider erst nach etwa vier Wochen erforderlich, wenn in den Beckenabflüssen kompakte Schlammassen auftreten.

Es empfiehlt sich jedoch aus den bereits mehrfach genannten Gründen die Becken dann zu reinigen, wenn Faulungsvorgänge sich bemerkbar machen.

Das kann unter Umständen, wie in Hannover alle zwei bis drei Tage der Fall sein, meistens aber kann das Becken im Sommer fünf bis sechs Tage, im Winter acht bis zehn Tage im Betriebe gelassen werden.

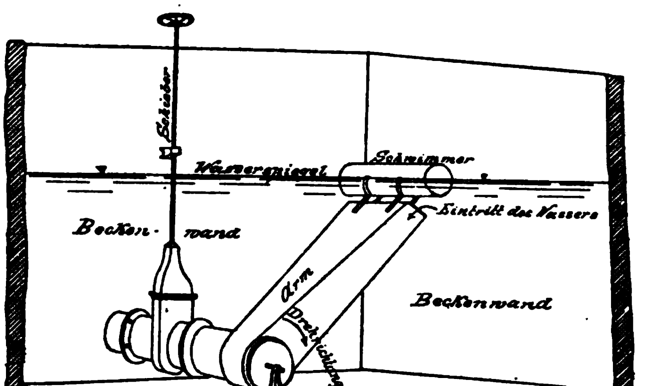


Fig. 33a[1]).

Um einen möglichst wasserarmen Schlamm zu erzielen, wird in Sheffield nach Absperrung des Zuflusses das Beckenwasser mit Kalk gesättigt. Es muß allerdings dann unmittelbar aufs Land gepumpt werden und darf nicht in Oxydationskörper geschickt werden.

Das Ablassen des Wassers erfolgt am besten schichtenweise über ein Klappenwehr oder, wie meist in England, durch Schwimmerarme. Fig. 33.

Schwimmerarme sind Rohre, die in eine horizontale Abflußröhre münden und um diese in einer senkrechten Ebene drehbar sind wie die Speichen eines Rades um eine

[1]) Aus: »Mitteilungen aus der Königl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung« Heft 3.

feste Welle. Am freien Ende trägt der Arm kleine Schwimmkammern, so daß die Öffnung in Höhe des Wasserspiegels liegt (Fig. 26 und 33).

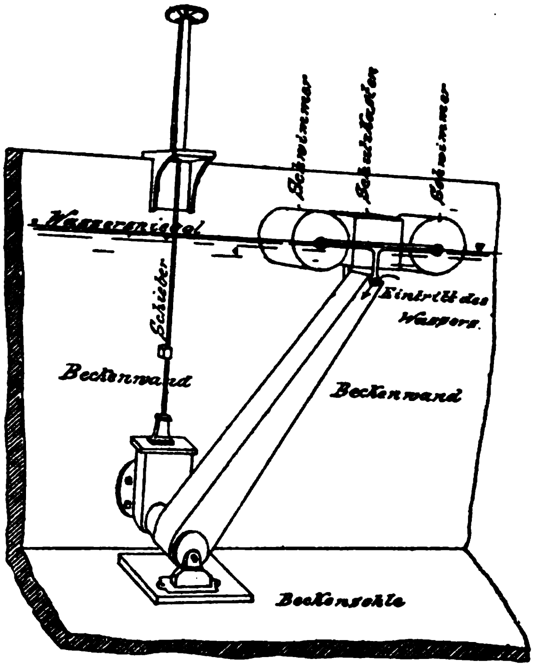


Fig. 33b[1]).

Schwimmerarme haben ebenso wie Abflußtrichter, die durch ein Vorgelege gesenkt werden können, den Nachteil, daß sie Nebenströmungen verursachen, die die Sedimentierung stören.

Nachdem die oberste hinreichend klare Schicht entfernt ist, wird das Trübwasser in einen Pumpensumpf abgelassen, von dem aus es in den Zuführungskanal gehoben wird, um nochmals das Becken zu passieren. Abflußtrichter lassen sich zur Entfernung des Trübwassers ebenfalls verwenden, wenn die Abflußleitung einen verschließbaren Abzweig nach dem Pumpensumpf erhält. Sonst ist unter dem Auslauf oder Einlauf eine Schieberöffnung nach einer besonderen Trübwasserleitung vorzusehen. Ist die Füllhöhe des Beckens größer als 1 m, so empfehlen sich Etagenablässe (Elberfeld), um das Aufwühlen des Schlammes durch die entstehenden Strömungen möglichst zu vermeiden.

An Pumparbeit kann gespart werden, wenn das Trübwasser aus einem zu reinigenden Becken in ein soeben gereinigtes eingelassen wird, bis die Wasserspiegel gleich hoch stehen.

Für die Zurückhaltung der Schwimmstoffe werden in den Becken zweckmäßig einige Querwände angeordnet, die etwa 25 cm eintauchen. Die Stoffe werden von Zeit zu Zeit durch einen Arbeiter abgestrichen.

Diese Arbeit hat man sich in Kassel dadurch erspart, daß man im Beginn der Einlaufgallerie, wo das Wasser noch eine verhältnismäßig große Geschwindigkeit hat, bedeutend tiefere Tauchwände anlegte, durch die die Schwimmstoffe gezwungen werden, unterzutauchen. Dabei saugen sie sich mit Wasser voll, daß sie an Schwere zunehmen und sich gleichfalls mit absetzen.

Daß es zweckmäßig ist, um Schwebestoffe zurückzuhalten, am Beckenende eine Harfe anzuordnen, wurde schon erwähnt. Die Spannung der Drähte muß groß ein (250 bis 500 kg/qcm), daß nicht auftreibende Schlammteilchen dieselben zur Seite biegen und durchschlüpfen.

In englischen und einigen deutschen Städten, z. B. in Weißensee bei Berlin, sind Becken im Betriebe, in denen das Wasser eine bestimmte Zeit ruhig steht. Nachdem eine hinreichende Klärung bewirkt ist, wird es abgelassen. Das Trübwasser gelangt in den Zulauf zurück, der Schlamm wird entfernt.

Solche Anlagen, die bei großen Abwassermengen große Flächen erfordern, kommen für größere Städte nicht in Frage.

[1]) Aus: »Mitteilungen aus der Königl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung« Heft 3.

Die konstruktive Ausbildung ist hier anders als bei den gewöhnlichen Becken. Das Wasser wird möglichst gleichmäßig über die ganze Oberfläche verteilt, am besten durch eine Stoddartrinne, eine Wellblechtafel oder Holzrinnen, die wellblechartig nebeneinander angeordnet sind. Diese Rinne besitzt eine Reihe Löcher in mittlerer Höhe. (Vgl. Fig. 34.)

Der Abfluß des klaren Wassers kann durch Klappenwehre, Schwimmerarme, Trichter oder Zylinderschützen erfolgen; die beiden letzteren können auch zur Ableitung des Trübwassers dienen. Sonst müssen hierzu in geeigneter Höhe besondere Schützenöffnungen angeordnet werden.

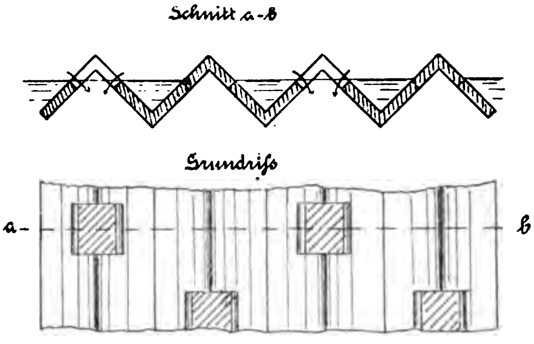


Fig. 34.

Die Sohle besteht zur leichteren Schlammentfernung aus einer Anzahl von nebeneinander angeordneten Pyramiden mit stark geneigten Seitenflächen; an jeder Pyramidenspitze befindet sich ein Ventil zum Ablassen des Schlammes.

Das Becken zu Weißensee wird neuerdings kontinuierlich betrieben und stellt daher eine nach dem oben erwähnten Knippingschen Vorschlag betriebene Anlage dar.

Klärbrunnen sind insbesondere bei den oben genannten Mairichschen Anlagen ausgeführt worden.

Die Wirksamkeit der Brunnen steht im allgemeinen der der Becken nicht nach; in Remscheid wurde eine Ausscheidung bis zu 60 % der organischen Stoffe erreicht, nachdem die mineralischen Stoffe bereits im Sandfang ausgeschieden waren. Begünstigt wird diese Wirkung dadurch, daß das Wasser, das unten eintritt, mit sehr geringer Geschwindigkeit ansteigt ($v \lesssim 1$ mm) und oben austritt, einen Schlammfilter passieren muß, der von herabsinkenden schweren Stoffen gebildet wird. Dadurch werden auch feinere Schwebestoffe zurückgehalten. Der Schlamm sammelt sich unterhalb des Wassereinlaufes, er ist bedeutend dünnflüssiger als bei den Becken und enthält nie unter 95 % Wasser. Dieser Umstand begünstigt den selbständigen Abfluß.

Die Entfernung des Schlammes während des Sedimentierbetriebes ist bei den Brunnen leichter auszuführen als bei den Becken.

Der unterste Teil des Brunnens erhält zweckmäßig die Gestalt einer Pyramide oder eines Kegels, an dessen tiefster Stelle der Schlamm durch ein Ventil abgelassen werden kann. Die Steigung der Seitenwände bzw. der Mantellinien wird am besten zu 1 : 1 angenommen, weil sich sonst der Abfluß leicht verstopft und Faulungsprozesse auftreten.

Der hohe Wassergehalt des Schlammes vermehrt leider die Schlammenge und verteuert die Entwässerung, so daß man sich in einigen Fällen, z. B. in Merseburg zum Bau besonderer Nachklärschächte entschlossen hat.

Die Forderung, daß der Eintritt und Austritt des Wassers die gleichmäßige Strömung nicht stören darf, läßt sich bei Brunnen kaum erfüllen.

Der Einlauf kann erfolgen durch eisernes Abfallrohr mit Trichterende in der Mitte des Brunnens (Fig. 35). Dies erfordert den Einbau einer teuren Eisenkonstruktion, außerdem ist die Änderung der Geschwindigkeit durch die plötzliche große Querschnittserweiterung bedeutend, so daß der Schlamm aufgewühlt wird.

Noch weniger zu empfehlen ist es, das Abwasser seitlich an mehreren Stellen der Peripherie einzuführen. Das ist konstruktiv schwierig, zumal da die Rohrleitungen zwecks Reinigung zum Herausnehmen eingerichtet werden müssen, wenn man Verstopfungen in diesen verhältnismäßig engen Röhren vermeiden will.

Der Auslauf des Wassers erfolgt, um Nebenströmungen nach Möglichkeit auszuschließen, an mehreren Stellen der Peripherie meist selbständig mit Gefälle, sehr selten durch Absaugen.

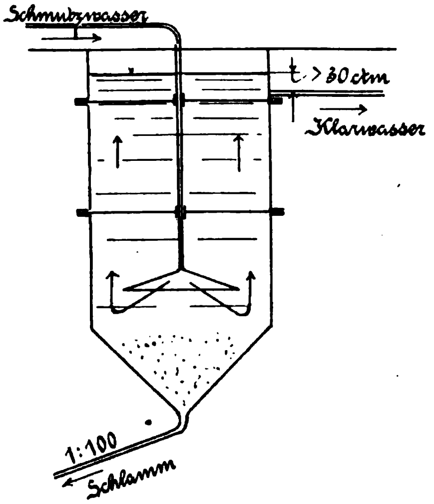


Fig. 35.

Die Ausflußstellen liegen zweckmäßig etwa 30 cm unter dem Wasserspiegel, damit sie nicht durch Schwimmstoffe oder auftreibende Schlammteile verstopft werden. Immerhin empfiehlt sich ein feines Sieb vor jeder Ausflußöffnung.

Ob es vorteilhaft ist, unter dem Niveau einen besonderen Abfluß für Fettstoffe in Gestalt eines nach oben geöffneten Trichters anzuordnen, ähnlich wie bei dem Mertenschen Klärturm (Fig. 36), möchte Verfasser bezweifeln, da man in dem Fettbehälter sehr dünnflüssiges Fett erhalten würde.

Wird auf die Fettgewinnung Wert gelegt, so dürfte es am besten sein, es vom Wasserspiegel des Brunnens direkt abzuheben. Um es möglichst rein zu erhalten, sind jedoch vorher durch Siebe unwillkommene Schwimmstoffe abzufischen, ebenso ist das Auftreiben faulender Schlammteilchen nicht zuzulassen.

Störend bei dem Klärbrunnenbetrieb ist das Aufsteigen von Gasen, was bei Faulungsprozessen mit großer Heftigkeit erfolgt, so daß der Schlammfilter durchbrochen wird, und Schlammstoffe mitgerissen werden. Doch sind bei Brunnen solche Vorgänge leichter zu vermeiden als bei Becken, weil der Schlamm nach Belieben während des Betriebes abgelassen werden kann. Nachteilig wirkt in dieser Hinsicht der oben erwähnte Einbau von Eisengarnituren. Die klebrigen Stoffe bleiben bei der geringen Geschwindigkeit leicht daran hängen und gehen in Fäulnis über.

Der Bau der Brunnen ist im allgemeinen teurer als der der Becken. Bei größeren Abwassermengen würden sehr viele Brunnen erforderlich werden, die ein äußerst verwickeltes Leitungsnetz erfordern.

Sie nehmen aber eine geringe Fläche ein und können bei hochliegendem Grundwasserspiegel unter geringeren Kosten gebaut werden, weil sie nach Art der Senkbrunnen hinuntergetrieben werden können.

Für rein mechanische Klärverfahren werden Klärtürme nicht verwandt; es müßte denn sein, daß man das vorher betriebene chemische Verfahren aus ökonomischen Gründen aufgegeben hat und die Türme nun nach Art der Klärbrunnen betreibt.

Das Degenersche Kohlebreiverfahren, das in Spandau und Potsdam angewendet wird, ist nicht als ein eigentlich chemisches Verfahren zu bezeichnen. Vielmehr gehen in der Hauptsache nur die Kohle- und Schlammteilchen eine innige mechanische Mischung ein; diese Konglomerate werden durch die gleichfalls zugesetzte schwefelsaure Tonerde beschwert, so daß sie rasch zu Boden sinken.

Dieses Verfahren ist teuer durch die chemischen Zuschläge und den umfangreichen

maschinellen Apparat, den es erfordert; seine Anwendung ist daher nur in ganz besonderen Fällen (vgl. den IV. Teil der Ausführungen) zu empfehlen.

Die Anlage besteht aus folgenden Teilen:

1. Der Kohlenmühle.
2. Dem Rührwerk, wo die gemahlene Kohle mit Wasser angerührt wird.
3. Dem Rührwerk zur Auflösung der Chemikalien (schwefelsaure Tonerde und schwefelsaures Eisen).
4. Den Wasserpumpen zur Herbeischaffung des Wassers nach den Rührwerken.
5. Dem Mischgerinne, in dem dem ankommenden Abwasser der Kohlebrei und die Chemikalien zugesetzt werden, bei Seuchen gleichzeitig auch Alaun zur Desinfektion.
6. Den Klärtürmen, in denen das in dem Mischgerinne hergestellte Gemenge infolge einer Hebelwirkung mit einer Geschwindigkeit von 5 mm/sec. emporsteigt. Durch Rührwerke im Klärturme wird die Innigkeit der Mischung erhöht.
7. Der Schlammpumpe, durch die der im unteren Teile des Turmes abgelagerte Schlamm nach dem Schlammkessel gedrückt wird.
8. Den Schlammkesseln.
9. Der Druckluftpumpe zum Füllen der Schlammentwässerungsapparate mittels der Schlammkessel.
10. Den Schlammentwässerungsapparaten (Filterpressen) zum Entwässern des Schlammes.

In Spandau beträgt bei einem Abwasser von mittlerer Konzentration der Zusatz auf 1 cbm Abwasser 1122 g Klärkohle und 142 g schwefelsaure Tonerde.

Das der Anlage entfließende Wasser übertrifft an Klarheit das in den Absitzbecken oder Brunnen geklärte Wasser ganz bedeutend, so daß man in Spandau trotz ungünstiger Vorflutverhältnisse darauf verzichten konnte, das geklärte Wasser noch zu reinigen. Das ist um so eher zulässig, als durch das Kohlebreiverfahren auch ein Teil der gelösten, organischen Stoffe ausgeschieden wird. Außerdem verliert das Wasser bei diesem Verfahren seine Fäulnisfähigkeit.

Bei kaltem Wetter ist der Effekt des Verfahrens etwas geringer.

Bei günstigen Verhältnissen ist das geklärte Abwasser von Wasserleitungswasser in der Ansicht kaum zu unterscheiden.

Ein Fall, wo Klärtürme durch ein rein mechanisches Verfahren betrieben werden, ist der Klärturm von Merten, der in der Spandauer Anlage zu Versuchszwecken aufgestellt ist (Fig. 36).

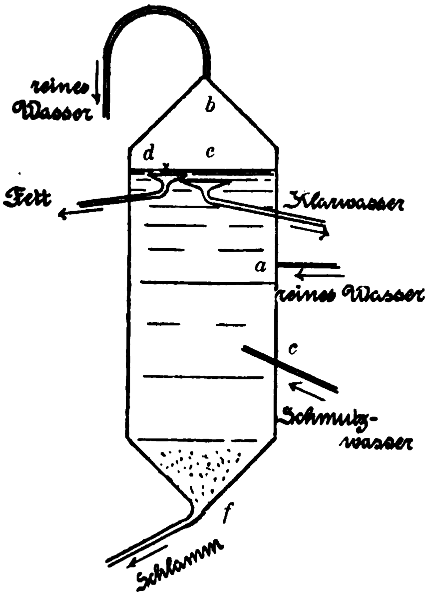


Fig. 36.

Der Eintritt des Schmutzwassers und der Austritt des geklärten Wassers erfolgt durch eine Heberwirkung, die in Tätigkeit gesetzt wird dadurch, daß bei a reines Wasser eintritt und bei b abgezogen wird. Wenn der Turm gefüllt ist, und der Heber läuft, wird

bei *a* geschlossen, bei *b* geöffnet, so daß das Schmutzwasser eintreten kann. Ist es bis über den oberen Trichter gestiegen, so wird auch bei *b* geschlossen.

Der Turm besitzt drei Abflußstellen: die höchste bei *d* für Fettstoffe, dann bei *e* für das geklärte Wasser und bei *f* für den dünnflüssigen Schlamm.

Der Apparat hat, obgleich er schon längere Zeit aufgestellt ist, ein befriedigendes Ergebnis nicht geliefert. Die Klärleistung steht hinter der des Kohlebreiverfahrens bedeutend zurück, so daß sich Merten veranlaßt sah, noch einen besonderen Filter hinter dem Turme anzuordnen.

Die Annahme, daß der erhaltene Schlamm sehr wasserarm wäre, weil er unter Druck stehe, ist nicht richtig. Bei jedem Klärbrunnen steht der unten angesammelte Schlamm unter dem Druck einer hohen Wassersäule, und gleichwohl ist der Brunnenschlamm sehr dünnflüssig, auch bei einem nicht kontinuierlichen Sedimentierbetrieb. In dem Schlammbehälter, der unterhalb des Apparates angeordnet ist, bildet sich allerdings an der Oberfläche eine faulende, kompakte, stichfeste Schlammmasse; ebenso sammelt sich am Boden dickflüssiger Schlamm. Dazwischen aber steht eine hohe Schicht von Trübwasser (Fig. 37).

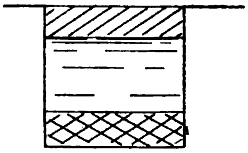


Fig. 37.

Diese Sonderung tritt aber überall ein, wo man dünnflüssigen Schlamm in einem Behälter stehen läßt und ist kein Verdienst des Mertenschen Apparates.

Endlich gibt es noch ein rein mechanisches Klärverfahren, das erst in den allerletzten Jahren aufkam, und dem man zuerst vielfach mit Mißtrauen begegnete; das ist die Abwasserklärung nach System Kremer. (Vgl. hierzu Techn. Gemeindeblatt 6. Jahrgang; Gesundheitsingenieur 28. Jahrgang.)

Das Abwasser tritt hierbei in einen kastenförmigen Apparat ein, in dem es durch eingebaute Tauchwände gezwungen wird, sich auf und nieder zu bewegen, wobei es die Fettstoffe an der höchsten, die Schlammstoffe an der tiefsten Stelle ausscheidet. Der Austritt erfolgt, da das Ganze wie eine kommunizierende Röhre wirkt, annähernd in derselben Höhe, wie der Eintritt, so daß die Anlage nur einen geringen Gefällsverlust bedingt (40 cm für 100000 Einwohner).

Solche Kremerapparate sind in Charlottenburg, Osdorf und Lichtenberg bei Berlin und in den Versuchsanlagen zu Chemnitz und Dresden aufgestellt worden und haben befriedigende Resultate ergeben, so daß man sich in Chemnitz entschlossen hat, bei der neu zu erbauenden Anlage in Heinersdorf Kremerapparate[1]) zu verwenden.

Eine Verbesserung dieser Apparate wurde in Chemnitz und Dresden dadurch erreicht, daß der Apparat eine geneigte Sohle erhielt, auf der der unten sich sammelnde Schlick seitwärts in eine Kammer abfließt, wo er durch einen Ofen oder durch eine eingelegte, mit Dampf beschickte Rohrschlange angewärmt wird. Die Folge davon ist, daß auf dem Boden der Kammer nur mineralischer Schlamm, Sand und Kies, in außerordentlich reinem Zustande zurückbleibt, während die organischen Teile in die Höhe steigen und oben abgehoben werden können. Diese Trennung wird durch die vorher erfolgte Ausscheidung der Fettstoffe begünstigt.

Eine weitere Verbesserung beabsichtigt die Gesellschaft, die die Kremerschen Patente erworben hat, indem sie die Apparate, die bis jetzt aus Holz bestanden, aus Mauerwerk oder Beton ausführen will und durch eine geneigte Sohle den Schlammabfluß nach einer für mehrere Apparate gemeinsamen Kammer herbeiführen will. Diese Kammer

[1]) Die Ausführung des Projektes ist inzwischen wieder fraglich geworden.

kann durch eine Klappe abgeschlossen werden, so daß gärende Schlammteilchen nicht in den eigentlichen Apparat zurückgelangen können.

Die Zeit, die das Wasser zum Durchgang braucht, ist sehr kurz, nur $^1/_4$ Stunde, jede Fäulnis ist dabei ausgeschlossen.

Die Bedienung ist einfach. Ein Arbeiter kann bis zu zwölf Apparaten bedienen.

Bei den früheren Apparaten erfolgte die Reinigung so, daß die wagerechten Bretter, auf denen sich der Schlamm ablagerte, von Zeit zu Zeit durch den Arbeiter herausgezogen und abgestrichen werden mußten. Durch eine Kontrolluhr konnte man sich von der Gewissenhaftigkeit des Mannes überzeugen.

Bei den neueren Apparaten wird man zwecks Reinigung Fett und Schlick einfach abfischen und den mineralischen Schlamm in Betriebspausen durch Bagger fördern.

Die Leistung einer solchen Anlage ist bei unterbrochenem Betriebe viel höher als bei ununterbrochenem.

Im ersten Falle ließ sich ein Effekt bis zu 78,5 % der ungelösten Stoffe erzielen, eine Leistung, die hinter der der Absitzbecken nicht zurücksteht.

Jedoch ist die Art der ausgeschiedenen Rückstände eine andere, es werden mehr Fettstoffe und weniger feinere schlammbildende Stoffe ausgeschieden, so daß sich Kremerapparate und Absitzbecken bis zu einem gewissen Grade gegenseitig ergänzen können. Größere Schwimm- und Schwebestoffe von über 1 mm Korngröße werden bei unterbrochenem Betriebe auch im Kremerapparat ausgeschieden. Dieser Betrieb erfordert allerdings die doppelte Zahl von Apparaten.

Ein großer weiterer Vorteil der Kremerapparate ist, daß die Rückstände (Fett und Schlick) so wasserarm gewonnen werden, daß sie sofort geformt werden können, der Wassergehalt betrug im Höchstfalle 85 %.

IV. Der Klärschlamm, seine Beseitigung und Verwendung.

Der Schlamm, wie er aus den einzelnen Teilen einer mechanischen Kläranlage gefördert wird, ist sehr verschieden und daher auch seine Verwendung.

Der Wassergehalt des Beckenschlammes beträgt 83—90 % bei ununterbrochenem Sedimentierbetrieb, 95 % und darüber bei Klärbrunnen und Becken mit ununterbrochenem Sedimentierbetrieb. Der Fettschlick in Kremerapparaten enthält 81—86 %, der Bodenschlick im Mittel 85 %. Der organische und mineralische Schlamm, wie er bei den neueren Kremerapparaten gewonnen wird, ist noch wasserärmer, der erstere kann als stichfeste Masse abgehoben werden, das bedeutet 70—75 % Wassergehalt, der mineralische Schlamm, der am Boden verbleibt, hat noch 65 %, ebenso die mineralischen Rückstände im Sandfange, vorausgesetzt, daß hierbei nur mineralische Stoffe zur Sedimentierung kommen, also bei einer Geschwindigkeit im Sandfange von mehr als 30 cm/sek., wie in Hamburg. Gitter- und Siebstoffe enthalten bei festem Abstreifer und beweglichem Rechen oder Sieb etwa 83 % Wasser (Hamburg), bei beweglichem Abstreifer und festem Gitter (Cöln, Düsseldorf, Paris) noch weniger.

Der rein mineralische Schlamm der Sandfänge und Kremerapparate kann zu Aufschüttungen mit Vorteil verwendet werden. Dagegen ist das Gemisch von organischen und mineralischen Stoffen, was aus den Sandfängen bei geringer Durchflußgeschwindigkeit gefördert wird, schwer los zu werden. Man kompostiert es am besten mit Kehricht.

Der Dungwert ist durch den großen Sandgehalt gering; die Zahl der brennbaren Stoffe übersteigt kaum 33%.

Die mit den Rechen und Sieben geförderten Stoffe haben einen hohen Dungwert — sie enthalten Stickstoff und Phosphorsäure —, und es gelingt fast überall sie zu verkaufen oder wenigstens ohne Vergütung los zu werden. (In Mannheim beträgt der Erlös für 1 cbm 0,50 Mk.) Oft werden diese Stoffe auch mit Kehricht gemengt und kompostiert.

Ist eine so leichte Beseitigung nicht möglich, dann bleibt weiter nichts übrig, als sie mit Müll oder Kohlezusatz zu verbrennen, was z. B. in Göttingen vorgesehen ist. Städte in der Nähe des Meeres benutzen Schlammschiffe mit aufklappbarem Boden, in denen diese Stoffe nach geeigneten Stellen geschafft und dort versenkt werden.

Der Schlamm aus den Absitzbecken oder Brunnen bietet im allgemeinen größere Schwierigkeiten. Für viele englischen und einige deutschen Städte kann man geradezu von einer Schlammplage reden.

Nur ein kleiner Teil der Gemeinden, wie z. B. Mannheim und Birmingham, kann den Schlamm so verwenden, wie er aus den Becken kommt, indem sie ihn auf Felder pumpen, und zwar wird er in Mannheim mit Hilfe eines Rohrnetzes nach Standrohren geleitet und von dort aus verspritzt, während man ihn in Birmingham in ein Netz von Gräben in möglichst durchlässigem Boden fließen läßt, wo er eintrocknet und dann mit der ausgeworfenen Erde bedeckt wird.

Das Mannheimer Verfahren ist zwar sehr unsauber, aber lohnend. Die Felder, von denen jedes alle drei Jahre beschlammt wird, geben hohe Erträge. Das Birminghamer Verfahren empfiehlt sich nicht bei stark fetthaltigem Schlamm, weil sonst ebenso wie bei nasser Witterung das Trocknen sehr lange dauert.

Es dürfte sich überhaupt empfehlen, das Fett dem Schlamm zu entziehen; denn es bildet sich sonst allmählich auf den Feldern unter der Oberfläche eine zusammenhängende, für Luft und Feuchtigkeit undurchlässige Schicht, die das Wachstum der Kulturen hindert.

Andere englische Städte pumpen den 90%igen Beckenschlamm auf Schlammschiffe und schaffen ihn ins Meer. Das ist aber teuer (0,65 bis 0,70 Mk. pro 1 cbm).

In sehr vorteilhafter Weise werden die Rückstände in Cassel verwertet. Der 90%ige Beckenschlamm wird mit Kehricht kompostiert und findet gute Abnahme zu einem verhältnismäßig hohen Preise, der selbst einen 50 km weiten Eisenbahntransport verträgt.

Doch hier sind die örtlichen Verhältnisse sehr günstig. Das ist nicht überall der Fall.

In vielen Fällen wird der Schlamm zwar zu landwirtschaftlichen Zwecken verwendet, weil er Stickstoff, Phosphorsäure und Kali enthält, er findet aber nur zu bestimmten Jahreszeiten Abnehmer, die übrige Zeit muß er gelagert werden, nachdem er vorher bis zum stichfesten Zustande getrocknet worden ist.

Das Trocknen des Schlammes erfolgt entweder auf besonderen Trockenplätzen durch Verdunsten und Versickern in möglichst durchlässigem Boden oder in Filterpressen oder Zentrifugen.

Mit Trockenplätzen hat man in vielen Fällen schlechte Erfahrungen gemacht. Sie belästigen die Umgegend durch ihre Ausdünstungen in hohem Grade. Erreicht wird eine Entwässerung bis auf 60% Wassergehalt herab. Schlammtrockenplätze sind bei stark fetthaltigem Wasser ganz unangebracht; denn sie wirken dann fast gar nicht (Mannheim).

Filterpressen verursachen sehr hohe Betriebskosten. Der cbm gepreßte Schlamm kostet 3,0 bis 5,50 Mk. (Frankfurt). Ein Zusatz von 5% Kalkmilch zum flüssigen Schlamm ist erforderlich, um den Schlamm preßfähig zu machen. Der Effekt ist eine Verringerung des Wassergehaltes bis auf 50% bis 60% herab.

Das Verfahren wird wegen der hohen Kosten für Neuanlagen kaum in Betracht kommen und ist daher nicht näher beschrieben.

Wesentlich billiger und rascher kommt man mit Zentrifugen zum Ziele. Eine Versuchsmaschine in Chemnitz, von der Maschinenfabrik Haubold geliefert, entwässerte 2,5 cbm 90 % igen Schlamm in zirka 10 Minuten auf 45 % bis 60 % und erforderte hierzu einen Elektromotor von 6 HP, der cbm gepreßter Schlamm stellte sich in Chemnitz auf 0,37 bis 0,60 Mk.

Die Zahlenverhältnisse gestalten sich bei größeren Apparaten noch günstiger; in Frankfurt erzielte man schon in drei bis fünf Minuten eine Entwässerung bis zu 65 % herab.

Der Fettgehalt des Abwassers wirkt sehr nachteilig auf die Leistung der Zentrifuge ein; es bildet sich im Apparate auf der Schlammoberfläche eine Fettschicht, die keine Flüssigkeit nach außen läßt.

Daher sind Versuche mit Zentrifugen in Mannheim, Cöln und Spandau ganz unbefriedigend ausgefallen, in Frankfurt a. M. sind sie noch nicht beendet, während man in Hannover und Chemnitz zufrieden ist. Das Mannheimer Abwasser ist außerordentlich fetthaltig, da sich am Orte einige Ölfabriken befinden; auch in Cöln war die Beschaffenheit des Schlammes die Ursache des Mißerfolges; denn wenn man Schlamm, der zum größten Teile aus Kaffeesatz bestand, also präpariert war, verwandte, war das Ergebnis vorzüglich. Das Chemnitzer Abwasser dagegen ist sehr arm an Fett; es enthält zurzeit noch fast keine Fäkalien, man setzt jedoch für diese Versuche einen bestimmten Prozentsatz zu, der dem später zu erwartenden Maximum etwa gleichkommt. Dennoch war die Wirkung der Zentrifuge sehr befriedigend.

Vielleicht dürfte nicht nur der relative Fettgehalt allein auf das Ergebnis von Einfluß sein. Wenn wie z. B. in Mannheim das Abwasser Pumpen durchläuft und einen sehr weiten Weg bis zur Anlage zurücklegt, wird eine viel innigere Mischung der Fettteilchen mit den andern Teilchen herbeigeführt, als in Chemnitz, wo die Fäkalienklumpen kurz vor der Anlage zugesetzt wurden.

Jedenfalls sind Zentrifugen noch das beste Mittel zum Trocknen des Schlammes. Es ist nur erforderlich, den störenden Fettgehalt des Wassers herabzumindern, und dies kann in Kremerapparaten erreicht werden.

Der getrocknete Schlamm wird entweder so, wie er ist, abgegeben, oder noch in besondere Formen, Schlammkuchen oder Briketts gepreßt. Enthalten diese Schlammkuchen noch viel Fett, so empfehlen sie sich nicht zur Düngung, da sich, wie schon erwähnt, sonst in den Feldern eine nachteilig wirkende Fettschicht bildet.

Ist es nicht möglich, den gepreßten Schlamm abzusetzen, so sind Anlagen zur anderweiten Beseitigung vorzusehen.

In Betracht kommen:

1. die Verbrennung,
2. die Vergasung,
3. die Verarbeitung auf Fett und Poudrette (Kunstdünger).

Die Verbrennung der Rückstände ist der vorgezeichnete Weg bei dem Kohlebreiverfahren. Der Schlamm wird in Filterpressen und durch Liegen an der Luft bis auf 60 % entwässert und dann in einfachen Ziegelpressen zu Briketts geformt.

Es ist in Spandau gelungen, ein Erzeugnis zu schaffen, das ganz geruchlos ist, ohne Geruch, allerdings unter starker Rauchentwicklung verbrennt und für 0,35 Mk. für den Zentner willige Abnehmer findet.

Der bei dem gewöhnlichen Absitzverfahren erhaltene Schlamm ist schwer zu verbrennen.

Es sind eine Reihe von Versuchen angestellt worden, z. B. in Charlottenburg, wo der Schlamm mit Kohlezusatz verbrannt wurde; doch hat sich dies als zu teuer erwiesen.

Nur in Kohlenbezirken, wo die Kohlen sehr billig sind, und wo der Schlamm schon Kohlengrus enthält, dürfte das Verfahren noch befriedigen.

Es liegt auch für gewisse Gegenden nahe, zu versuchen, durch einen Zusatz des billigeren Torfes eine befriedigende Schlammverwertung zu erzielen.

In Frankfurt a. M. hat man ohne Kohlezusatz aus dem getrockneten Schlamme Briketts gepreßt; die bei der Verbrennung erzielte Wärme war jedoch gering.

Gibt es kein anderes Mittel, den Schlamm zu beseitigen, als durch Feuer, so dürfte im allgemeinen die Verbrennung mit Kehricht vorzuziehen sein. Die gemeinsame Verbrennung ist trotz des großen Energieverbrauches, was Anlage- und Betriebskosten anlangt, billiger als die getrennte Verbrennung.

In Frankfurt a. M. wurden Versuche im Schuppmannschen Müllverbrennungsofen angestellt. Ein Gemisch von einem Teil feuchten Schlammes und drei Teilen Müll verbrannte bei 600 bis 900°.

Der Heizeffekt, der sich bei der Verbrennung erzielen läßt, wird größer, je mehr der Schlamm brennbare Stoffe enthält, besonders H und C; er wird vermindert durch Fette, die sich unter seiner Entzündungstemperatur zersetzen oder vergasen. Die hierauf verwandte Energie geht meistens verloren.

Die Vergasung des Schlammes ist wiederum nur bei dem Kohlebreiverfahren rationell.

Mit dem gewöhnlichen Klärschlamm sind in verschiedenen Städten Versuche angestellt worden, die wenig befriedigt haben, z. B. in Stuttgart, Chemnitz und Frankfurt a. M.

Das in Chemnitz erhaltene Gas stellte sich auf 0,30 Mk. per cbm, hatte gar keinen Leuchtwert und enthielt noch so viel Verunreinigungen, daß sich die Leitung bald verstopfte.

In Frankfurt erwies es sich als vorteilhafter, die oben genannten Briketts zu vergasen als zu verbrennen. Ein befriedigendes Ergebnis wurde aber auch hierbei nicht erzielt. Die Leuchtkraft des gewonnenen Gases war sehr gering.

Ein Nachteil bei der Verbrennung und Vergasung ist, daß das im Schlamme enthaltene Wasser zuerst unter großem Energieaufwand in Dampfform übergeführt wird, was aber nicht ausgenützt wird; denn der Dampf kondensiert sich später wieder.

Dies will das Koschmiedersche Verfahren vermeiden, indem der Wasserdampf ebenso wie die unter der Verbrennungstemperatur entstehenden — bereits oben erwähnten — teerartigen Dämpfe über glühende Kohlen geleitet werden, wobei Kohlenoxyd und Wassergas gewonnen werden.

Unter den Unternehmungen, die sich mit der Verarbeitung des Schlammes auf Fett beschäftigt haben, ist am bekanntesten die Kasseler Anlage der Firma Beck und Henkel (vgl. Gesundheitsingenieur 26. Jahrgang; Mitteilung der Königl. Versuchsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung).

Hierbei wurde der von Sperrstoffen befreite Schlamm zunächst zwecks besserer Trocknung mit Schwefelsäure versetzt, in Filterpressen entwässert und mit Benzol oder Schwefelkohlenstoff entfettet. Die Endprodukte waren:

1. das destillierte Fett, das zu Seife verwandt wurde,
2. eine teerartige Masse, die bei der Fettdestillation zurückblieb,
3. die Schlammrückstände nach der Ausziehung des Fettes, die zu Poudrette verarbeitet wurden.

Dieses Verfahren war gar nicht rentabel und wurde aufgegeben, die Anlage ist vom Erdboden verschwunden.

Die Ursachen des Mißerfolges sind zunächst darin zu suchen, daß die Anlage von vornherein verfehlt war, sie war zu klein, die von der vielgenannten Trebertrocknungsgesellschaft übernommenen Trockenmaschinen bewährten sich nicht und mußten durch andere ersetzt werden, so daß schon das Anlagekapital sehr groß wurde.

Die schlechte Rentabilität des Betriebes rührt nach Ansicht des Verfassers zum Teil davon her, daß die Trennung des Schlammes nach seiner Beschaffenheit und besonders die Extraktion des Fettes zu teuer war. Beides läßt sich in einer Kläranlage ohne chemische und thermische Prozesse erreichen. Man wird allerdings z. B. in Kremerapparaten dem Schlamm nicht sämtliches Fett entziehen können, so viel aber doch jedenfalls, daß die organischen Rückstände unbedenklich zu Dungzwecken entweder direkt verwandt oder zu Kunstdünger verarbeitet werden können. Das erhaltene Fett wird in einem Zustande gewonnen, der tätsächlich die rentable Gewinnung eines absatzfähigen Endproduktes ermöglicht; das haben Versuche in Chemnitz und Osdorf bei Berlin erwiesen. Nur bei fettarmem Abwasser wird sich die Verarbeitung auf Fett nicht lohnen.

Die bisherigen Schlammverwertungsversuche lassen erkennen:

1. Die Gewinnung absatzfähiger Endprodukte stellt sich um so billiger, je besser der Schlamm in der Kläranlage selbst — also ohne Energieaufwand — getrennt wird in Fettstoffe, mineralischen und organischen Schlamm.

2. Nennenswerte Erträgnisse sind im allgemeinen nicht zu erwarten.

3. Das zu wählende Verfahren und die Rentabilität desselben ist unter verschiedenen örtlichen Verhältnissen sehr verschieden.

4. Die Verwertung zu landwirtschaftlichen Zwecken ist zu wählen, wo sie möglich ist. Andernfalls kann bei nicht zu fettarmem Wasser die Verarbeitung auf Fett und Kunstdünger unter Benutzung von Kremerapparaten erfolgen, ein Verfahren, das die Betriebskosten in der Regel deckt. Ist auch dieses ausgeschlossen, dann muß unter Zusatz eines brennbaren Stoffes wie Kohle der Schlamm verbrannt oder vergast oder mit Müll zusammen verbrannt werden. Entscheidet man sich zur Verbrennung mit Kohlezusatz, so ist es unter Umständen bedeutend vorteilhafter, die Kohle schon vor der Klärung zuzusetzen, also das Kohlebreiklärverfahren zu wählen, weil dieses die sonst vielleicht erforderliche Reinigungsanlage entbehrlich macht.

Die Verbrennungsversuche insbesondere werden darauf gerichtet sein müssen, durch Zusatz eines möglichst billigen Stoffes, der zugleich den Schlamm preßfähig macht, das Verfahren zu verbilligen.

V. Die zweckmäßige Gesamtanordnung der Klär- und Reinigungsanlage.

1. Anlagen ohne Pumpwerk.

a) Eine Reinigung des Wassers ist nötig.

Die vollkommenste und im Betriebe sicherste Reinigung der Abwässer ermöglicht der Rieselbetrieb, der zugleich durch die landwirtschaftliche Ausnutzung eine Einnahmequelle bildet.

Wo also außerhalb der Stadt Land in geeigneter Lage von geeigneter Beschaffenheit (Sand, kein Lehm) zu billigen Preisen zu haben ist, wird man Rieselfelder anlegen und die Anlagen für die Ausscheidung der organischen suspendierten Stoffe damit verbinden, um an Verwaltungskosten zu sparen.

In einer Reihe von Städten (Berlin, Darmstadt, Paris) werden die nur im Sandfang und durch Rechen vorgeklärten Abwässer unmittelbar auf die Rieselfelder geschafft.

Das hat sich gar nicht bewährt. Die Felder werden überlastet, verschlammen und erfordern deshalb eine ganz bedeutende Ausdehnung. Daher ist die vorherige Klärung des Abwassers unbedingt zu empfehlen.

Die Klärung erfolgt meist in Becken, seltener in Brunnen; nach Ansicht des Verfassers dürften sich jedoch auch Kremerapparate besonders für Rieselfelder empfehlen, weil sie mehr Fett zurückhalten als Becken und Brunnen, das, wie schon erwähnt, die Fruchtbarkeit der Felder beeinträchtigt, und weniger von den ganz feinen Schlammstoffen, die unbedenklich nach den Feldern gelangen dürfen. Siebe sind nicht zu empfehlen, weil sie wenig Schlamm beseitigen. Auch die Fetteilchen werden durch sie nicht sämtlich zurückgehalten. Immerhin sind Siebe noch besser als gar nichts.

Dort, wo Rieselfelder ausgeschlossen sind, muß die Reinigung durch künstliche Bodenfiltration in Kiesfiltern oder in Staubecken, die mit einem körnigen Material gefüllt sind, sogenannten Füllkörpern oder in Tropfkörpern erfolgen.

Bei dieser Art der Reinigung ist eine möglichst weitgehende Entfernung der ungelösten Stoffe aus dem Abwasser erforderlich; denn sonst müssen die Körper, weil sie bald verschlammen, zu oft gereinigt werden. Siebanlagen sind hierzu nicht geeignet. Kremeranlagen stehen zwar den Becken und Brunnen etwas nach, genügen aber für Oxydationskörper.

Bei der künstlichen Bodenfiltration kommt es nicht nur auf die Beseitigung der feinen, schlammbildenden Stoffe an, sondern es muß auch die Bildung einer Fettschicht vermieden werden, weil diese das Eindringen der Luft hindert, die für die biologischen Prozesse nötig ist. Deshalb können weder Kremerapparate, noch Becken allein vollständig befriedigen, sondern es empfiehlt sich, beide Anlagen zu vereinigen und dem Becken Kremerapparate vorzuschalten. Die Abnahme der Oxydierbarkeit des gereinigten Wassers ist nach den Chemnitzer Versuchen desto größer, je geringer die Geschwindigkeit im Klärbecken ist. Sie betrug z. B. 80 % bei $v = 10$ bis 12 mm/sek., war aber bei größerem v zu gering.

Wird das Abwasser in Brunnen geklärt, so dürften keine Kremerapparate nötig sein, weil hier bei einer zweckmäßigen Einrichtung des Ablaufs das Fett gut ausgeschieden wird.

Ist infolge günstiger Vorflut keine Reinigung des Abwassers erforderlich, so werden im allgemeinen Becken oder Brunnen anzuordnen sein. Eine der größten Kläranlagen mit Beckenbetrieb ist die von Frankfurt a. M. (Fig. 2 auf Tafel I). Das Abwasser durchfließt einen Sandfang, eine dreiteilige Rechenanlage und gelangt dann in die Einlaufgallerie der Absitzbecken. Bei Hochwasser wird der gewöhnliche Auslauf abgeschlossen und das geklärte Wasser durch ein Pumpwerk und eine besondere Druckleitung geführt. Die Pumpen treten auch dann in Tätigkeit, wenn das Abwasser mit einem Desinfektionsmittel versetzt worden ist, und drücken es dann nach besonderen Filtern, wo das überschüssige Desinfektionsmaterial wieder ausgeschieden wird. Die Beseitigung der Sandfang- und Rechenstoffe erfolgt durch Quertransportbänder nach einem Verladeraum, die Beseitigung des Absitzschlammes durch Saugeleitungen nach einem Vakuumkessel, von wo er nach den Schlammtrockenplätzen oder Zentrifugen gedrückt wird.

Liegen die Verhältnisse günstiger, so genügen auch die billigeren Kremerapparate.

Nur bei außerordentlich günstigen Verhältnissen dürften Siebe oder gar Rechen verwendet werden.

Derartige Anlagen zeigen die Fig. 1 und 2 auf Tafel II. Fig. 2 ist bereits oben ausführlich besprochen. Fig. 1 zeigt den Forbàtschen Entwurf für die Stadt Griesheim. Das Abwasser passiert hierbei Sandfang, Flügelrechen und zwei horizontale Siebe. Die Entfernung der Unratstoffe erfolgt durchweg auf maschinellem Wege durch drei Quertransportbänder — hiervon eins für Sandfang und Rechen und je eins für jedes Sieb — auf ein Längsband, das die Stoffe in einen Schlammbehälter wirft. Die ganze Anlage besteht aus zwei nebeneinander angeordneten symmetrischen Teilen, deren jeder für sich allein abgeschlossen werden kann.

Ein Beweis, daß selbständige Rechen und Siebe mit Vorsicht anzuordnen sind, ist, daß man in Hamburg, wo zwar ein außerordentlich wasserreicher Vorfluter vorhanden ist, der aber nur ein geringes Gefälle hat, und wo auch Ebbe und Flut ungünstig einwirken, sich zu einer weitgehenden Klärung und Reinigung in Faulbecken und Tropfkörpern mit Drehsprenger entschlossen hat.

Vor jeder Kläranlage ist zur Abhaltung der Sperrstoffe ein Rechen, bei sandhaltigem Wasser auch ein Sandfang nötig.

Unter den beweglichen Rechenkonstruktionen ist im allgemeinen der Frankfurter oder der Pariser Ausführung der Vorzug zu geben. Nur da, wo die Zertrümmerung der schlammbildenden Stoffe vor dem Rechen zu vermeiden ist, also bei selbständigen Rechen oder vor Sieben und Kremerapparaten ohne nachfolgende Becken ist die Hamburger Konstruktion am Platze.

Muß das Abwasser infolge ungünstiger Gefällverhältnisse gehoben werden, so sind Rechen, Sandfang und Siebe vor dem Pumpwerk anzuordnen.

Rieselfelder haben den Nachteil, daß sie durch den weiten Weg, den die Abwässer zu durchfließen haben, und durch ihre eigene große Ausdehnung einen bedeutenden Gefällsverlust verursachen und dadurch meist die Anlage eines Pumpwerkes bedingen, während es unter Umständen möglich sein kann, ohne dieses auszukommen, wenn die gesammelten Abwässer auf dem kürzesten Wege durch eine Klär- und Reinigungsanlage mit möglichst geringem Gefällsverlust dem Vorfluter zugeführt werden.

In solchen Fällen ist zu erwägen, ob die Vorteile des Rieselbetriebes die hohen Kosten eines Pumpwerkes in Bau und Betrieb einschließlich der dann meist teuren Abfuhr der Gitterstoffe rechtfertigen.

Es gibt Fälle, wo man im Zweifel sein kann, ob sich Becken, Brunnen, Kremerapparate und Siebe empfehlen.

Deshalb sind im folgenden die Vorteile und Nachteile dieser Anlagen einander gegenübergestellt:

A) Brunnen haben vor Becken den Vorteil, daß sie

1. bei Grundwasser billiger zu bauen sind;
2. die Fettstoffe besser ausscheiden;
3. eine geringere Fläche einnehmen;
4. ermöglichen, die Reinigung während des Betriebes leichter vorzunehmen als die Becken, sie sind daher bei sehr zersetztem Abwasser vorzuziehen;
5. durch die niedersinkenden schweren Sinkstoffe und den sich bildenden Schlammfilter mehr feine Schwebestoffe zurückhalten.

Sie haben jedoch den Becken gegenüber den Nachteil, daß

1. sie mit Ausnahme des vorstehend unter 1. genannten Falles teuer sind;
2. die Herstellung eines guten Einlaufes schwierig ist;
3. bei großen Abwassermengen sehr viel Brunnen nötig werden, die ein sehr kompliziertes Leitungsnetz erfordern und viel Bedienung;
4. der Schlamm mehr Wasser enthält als der der Becken;
5. Gasausscheidungen sehr störend wirken.

B) Kremerapparate haben vor Becken folgende Vorteile:

1. der Betrieb ist billig, die Bedienung einfach, Abnutzung ist kaum vorhanden;
2. sie erfordern wenig Raum;
3. die Klärung erfolgt in einer Viertelstunde, also ist das Faulen ausgeschlossen;
4. sie ermöglichen eine billige Fettgewinnung;
5. Geruchsbelästigungen sind nicht zu fürchten;
6. sie ermöglichen die beste Trennung der Stoffe nach ihrer Beschaffenheit.

Dagegen scheiden sie weniger feine, schlammbildende Stoffe aus als Becken und Brunnen.

Siebe haben im Vergleich zu den vorgenannten Anlagen den Vorteil, daß:

1. die aufgefangenen Stoffe von Anfang an außerhalb des Wassers lagern und leicht zu übersehen sind;
2. die Stoffe weniger hoch gehoben werden müssen;
3. die Stoffe weniger Wasser enthalten;
4. das Faulen ausgeschlossen ist;
5. sie eine geringe Fläche erfordern.

Siebe haben dagegen den schwerwiegenden Nachteil, daß:

1. ihre Wirksamkeit sehr gering ist;
2. sie keinen Ausgleich der ankommenden Wassermenge gestatten;
3. sie bei faulendem Abwasser oder zerriebenem Zustande der Schlammstoffe fast gar nicht wirken.

Daß Siebanlangen im Betriebe bedeutend billiger sind, als Absitzbecken, fand Verfasser nicht bestätigt.

So verursacht z. B. der Betrieb der Cölner Anlage (Rechen und Siebe) einen Aufwand von jährlich 32000 Mk., während die Mannheimer Beckenanlage jährlich 28000 Mk. erfordert. Wenn in Cöln die Einwohnerzahl größer ist, so ist dafür in Mannheim mehr Industrie vorhanden. Jedenfalls sind die Verhältnisse in Cöln, wo man ein wenig konzentriertes, sandfreies Abwasser hat, kaum ungünstiger als in Mannheim.

Auch was die Anlagekosten anlangt, so dürften die Kosten für die Beschaffung der für Siebanlagen nötigen Maschinen kaum geringer sein, als für die Anlage betonierter oder gemauerter Becken, wenn nicht ungünstige Umstände vorliegen, wie starker Grundwasserandrang.

Die Unterhaltungskosten sind jedenfalls bei den Becken geringer als bei den Sieben.

Bei der Einführung des geklärten Wassers in den Vorfluter ist auf eine gute Verteilung Wert zu legen.

Das wird am besten durch Düker nach dem Hamburger Vorbild (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Jahrgang 1906) erreicht, die das geklärte Wasser bis in die Mitte des Flusses leiten und an der Sohle einführen. Ist das Flußbett breit, wird man die Einführung zweckmäßig an verschiedenen Stellen des Querschnittes vornehmen.

Bei tiefer Lage der Kläranlage muß das Wasser in denselben gedrückt werden.

Es liegt im Interesse der Gemeinde, sich von Zeit zu Zeit von der Wirkung der Anlage durch Entnahme von Flußwasserproben unterhalb derselben zu überzeugen und beim Auftreten von Mißständen die erforderlichen Gegenmaßregeln sofort zu ergreifen, ehe sie in Prozesse mit den stromab gelegenen Ortschaften verwickelt oder vom Staate zu kostspieligen Maßnahmen gezwungen wird, die dann über das, was erforderlich gewesen wäre, oft hinausgehen.

Anhang.

Berichte über ausgeführte Anlagen.

Abkürzungen:

Abw. = Abwasserlexikon 1. Band von Dr. Salomon (Maas-, Rhein- und Donaugebiet).
Mit. = Mitteilungen der Königl. Versuchsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung.
T. G. = Techn. Gemeindeblatt.
Ges. I. = Gesundheitsingenieur.
D. B. = Deutsche Bauzeitung.

Aachen	Abw., T. G. 8, Ges. I. 29
Andernach	Abw.
Barmen.	(siehe Elberfeld)
Berlin	Ges. I. 29
Bernkastel	Abw.
Beuthen (O. S.)	T. G. 6
Bielefeld	Abw.
Bonn.	Abw.
Borbeck	Abw.
Bradford (England)	Ges. I. 29
Birmingham.	Mit. (Heft 3)
Brühl (Rheinland)	Abw.
Bremen.	T. G. 5, T. G. 6
Cöln	Abw., Mit., T. G. 5, T. G. 6, T. G. 7, Ges. I. 26
Columbus (N.-A.)	T. G. 9
Darmstadt	Abw.
Dresden	T. G. 8, D. B. 1906.
Düsseldorf	Abw., D. B. 1904.
Duisburg (Projekt).	Abw.
Elberfeld	Abw. Ges. I. 26
Eschweiler (Rheinland)	Abw.
Frankfurt am Main	Abw., Deutsche Technikerzeitung 21. Jahrgang.
Gießen	Abw.
Göttingen.	Zeitschr. f. Arch.- u. Ing.-Wesen 51, Ges. I. 28
Guben	T. G. 9
Hamburg	T. G. 7, Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1906, D. B. 1907.
Hannover.	Mit. (unter Cöln), T. G. 6
Kassel	Mit., T. G. 6, T. G. 5, Ges. I. 26
Kempen (Rheinland).	Abw.
Kiel	T. G. 5
Königstein im Taunus.	Abw.
Langensalza	Mit. (Imhoff, Die biologische Reinigung des Abwassers)
Lichtenberg bei Berlin.	Ges. I. 28, T. G. 6
Manchester	T. G. 5, Mit. (Heft 3).

Mannheim	Abw., T. G. 9, Ges. I. 29
Marburg	Abw.
Merseburg	T. G. 8
Merzig (Rheinland)	Abw.
Ohrdruf	Ges. I. 25
Oppau (Rheinpfalz)	Ges. I. 29
Osdorf bei Berlin	Ges. I. 28
Paris	T. G. 5
Pfaffendorf bei Coblenz	Abw.
Posen	T. G. 9
Remscheid	Abw.
Rheyd (Projekt)	Abw.
Silbey (England)	Ges. I. 29
Solingen	Abw.
Stuttgart	Mit., Abw.
Trier	Abw.
Viersen (Rheinland)	Abw.
Weißensee	T. G. 6
Wiesbaden	Abw., Ges. I. 25, Ges. I. 28, T. G. 6, T. G. 7
Wilmersdorf	Zeitschr. d. Vereins deutscher Ing. 1907.
Worcester (Severn)	T. G. 8

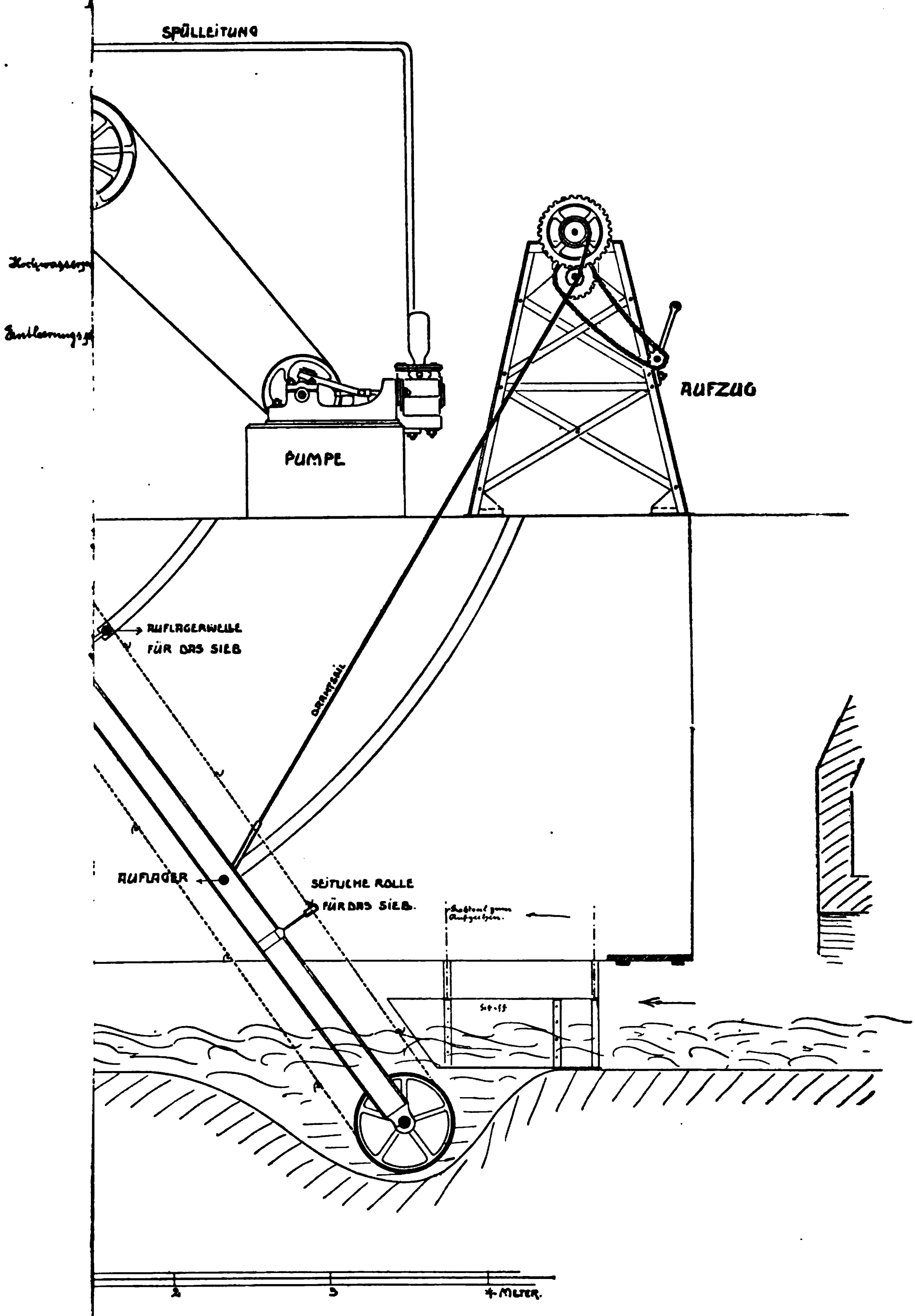
Register.

Druckfehlerberichtigungen:

Seite 14, Zeile 41 lies: Hakenstangen statt Hackenstangen.

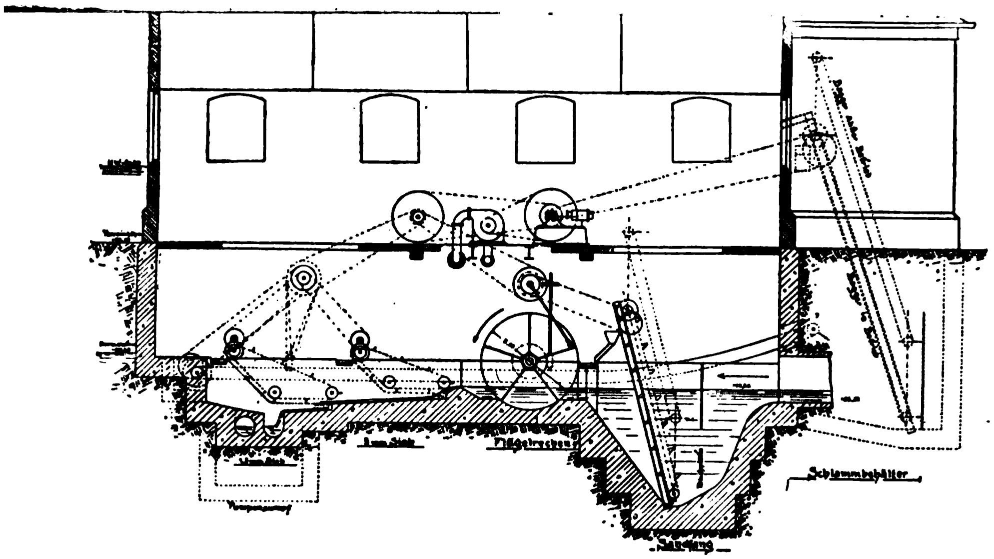
Seite 16, Zeile 34 lies: Fig. 14 statt Fig. 10.

Seite 31, Zeile 23 und 24 lies: »Gefälle der Leitungen schwach, wie z. B. in Paris« statt »Gefälle vor Leitungen wie z. B. Paris«.

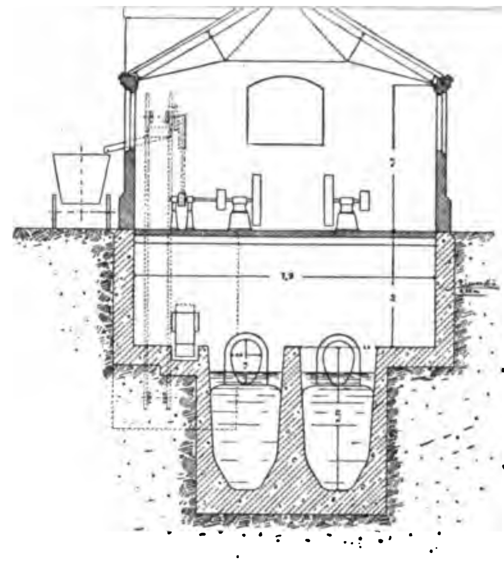


. 1. Siebanlage in Göttingen[2]).

Tafel II.

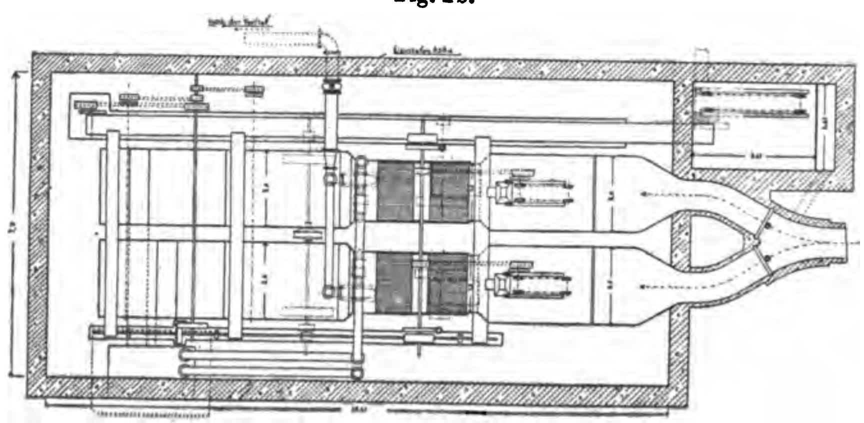


Längsschnitt.



Querschnitt.

Fig. 1b.

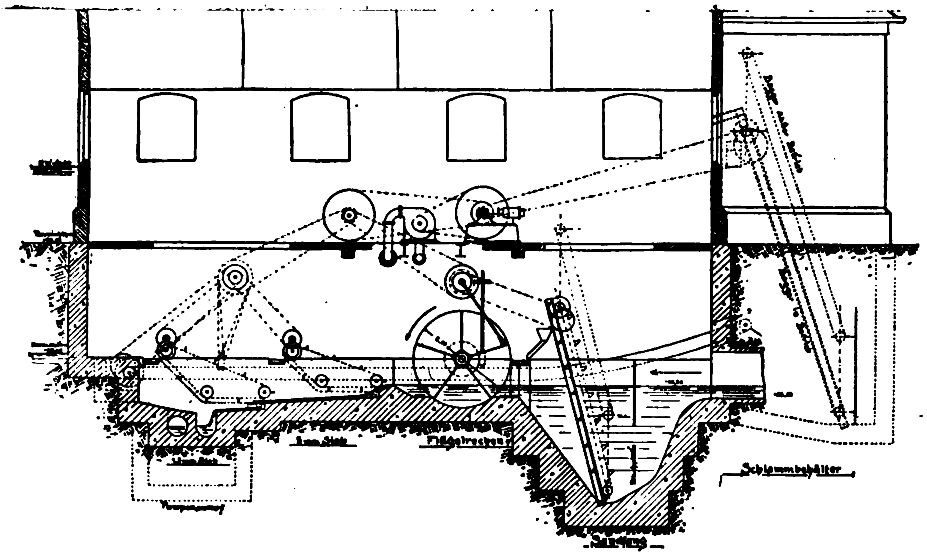


Grundriß.

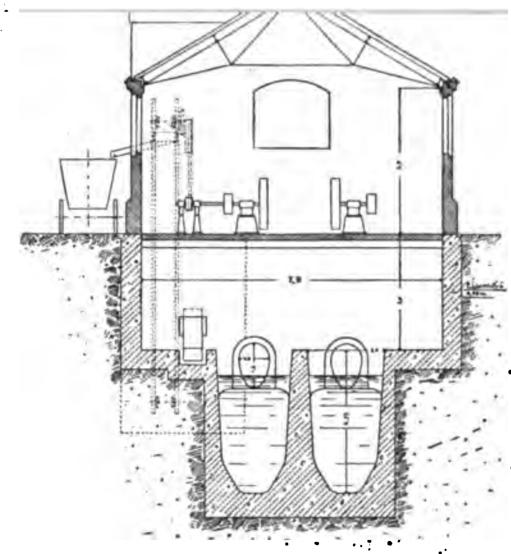
Fig. 1. Entwurf zu einer mechanischen Kläranlage ohne Sedimentierung[1]).

---

[1]) Aus dem Techn. Gemeindeblatt, 7. Jahrgang.

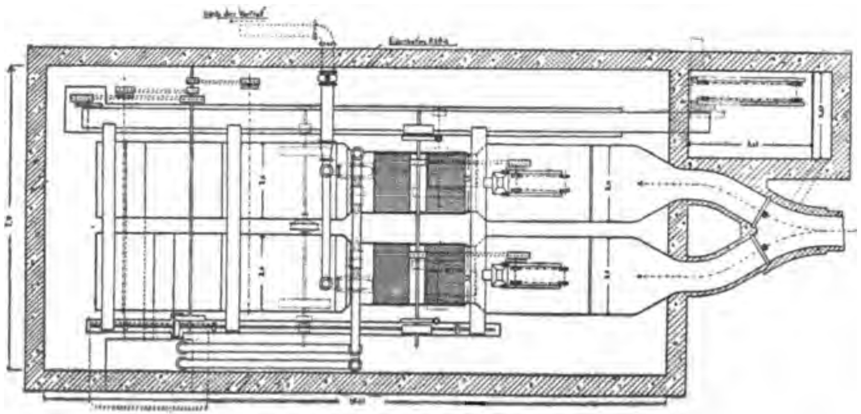


Längsschnitt.



Querschnitt.

Fig. 1b.



Grundriß.

Fig. 1. Entwurf zu einer mechanischen Kläranlage ohne Sedimentierung[1]).

[1]) Aus dem Techn. Gemeindeblatt, 7. Jahrgang.